農業試驗所特刊第237號

農園作物育種研究成果研討會

專刊

活動日期

110年10月22日(星期五)

主辦單位

農業試驗所-鳳山熱帶園藝試驗分所

國立屏東科技大學

農園作物育種研究成果研討會 專刊

行政院農業委員會農業試驗所 編印

農園作物育種研究成果研討會專刊

編輯

徐智政、邱國棟、蔡尚翰、李文立

主辦單位：農業試驗所-鳳山熱帶園藝試驗分所

國立屏東科技大學

行政院農委會農業試驗所 編印

中華民國 111 年 12 月

行政院農業委員會農業試驗所
鳳山熱帶園藝試驗分所
Fengshan Tropical Horticultural Experiment Branch

國立屏東科技大學
National Pingtung University of Science and Technology

農園作物育種研究成果研討會議程

一、舉辦時間：110 年 10 月 22 日(星期五)
二、使用軟體：線上研討會以 GOOGLE MEET 軟體進行
三、研討會程序表：

時　　間	題　　　　目	主　　講　　人
09:40~10:10	報到(來賓登入會議連結)	
10:10~10:30	開幕及長官致詞 (行政院農業委員會農業試驗所 林學詩 所長、國立屏東科技大學 戴昌賢 校長)	
10:30~10:40	線上合照	
第一節　新興作物育種技術　主持人：國立屏東科技大學 智慧農業中心 顏昌瑞 主任		
10:40~11:20	大數據在育種上之應用	國立臺灣大學 農藝學系 劉力瑜 系主任
11:20~12:00	自動化外表型分析技術在植物表型體研究之應用	行政院農業委員會農業試驗所 林大鈞 博士
12:10~13:00	休息與海報展示	
第二節 農藝作物育種成果　主持人：國立屏東科技大學 農園生產系 賴宏亮 主任		
13:00~13:20	增進環境調適能力與友善環境生產之水稻育種	行政院農業委員會農業試驗所 賴明信 研究員
13:20~13:40	提升糧食自給率之雜糧作物育種	行政院農業委員會農業試驗所嘉義農業試驗分所 賴永昌 研究員
13:40~14:00	以育種技術協助蜜蜂、油茶及愛玉子產業之升級	行政院農業委員會苗栗區農業改良場 吳姿嫺 課長
14:00~14:20	高產值耐候性飲料作物之選育	行政院農業委員會茶業改良場 邱垂豐 副場長
14:20~14:40	休息與海報展示	
第三節 園藝作物育種成果 主持人：行政院農業委員會農業試驗所鳳山熱帶園藝試驗分所 李文立 分所長		
14:40~15:00	運用早期篩選指標選育高耐候性果樹品種	行政院農業委員會高雄區農業改良場 陳思如 助理研究員
15:00~15:20	提升輔助產業升級之耐逆境蔬菜選育	行政院農業委員會農業試驗所 康　樂 助理研究員
15:20~15:40	建構重點花卉育種平台與加速新品種推廣模式	行政院農業委員會農業試驗所 莊耿彰 系主任
15:40~16:00	綜合座談	行政院農業委員會農業試驗所鳳山熱帶園藝試驗分所 李文立 分所長
16:00~	**閉幕**	

目錄

農園作物育種研究成果研討會議程 0

行政院農業委員會農業試驗所　林學詩所長　開幕致詞 3

國立屏東科技大學　戴昌賢校長　開幕致詞 4

第一節 新興作物育種技術 1

　　大數據在作物育種上之應用 2

　　自動化外表型分析技術在植物表型體研究之應用 10

第二節 農藝作物育種成果 27

　　增進環境調適能力與友善環境生產之水稻品種培育研究 28

　　提升糧食自給率之雜糧作物育種研究 53

　　選育抗病及高產蜜西方蜜蜂改善產業急需升級之課題 67

　　豐產耐候油茶新品系選育初報 75

　　高產值耐候性飲料作物之選育 81

第三節 園藝作物育種成果 100

　　運用早期篩選指標選育高耐候性果樹品種 101

　　提升輔助產業升級之耐逆境蔬菜選育 125

　　建構重點花卉育種平台與加速新品種推廣模式 135

海報展示 144

附錄 147

行政院農業委員會農業試驗所　林學詩所長　開幕致詞

今天很高興可以舉辦「2021 年農園作物育種研究成果研討會」，本人謹代表主辦單位行政院農業委員會農業試驗所，由衷的歡迎各位貴賓的蒞臨指導。由於全球至 2050 年預估將達近百億人口，相較於今成長超過 30%，因此糧食將面臨增產壓力。如何在當前氣候變遷情境、水土資源衰退、農村人力緊縮及能源短缺價高等狀況下，增進農業生產力以提升糧食生產耐候韌性及自給率，強化農糧作物基盤的育種研究將成為糧食安全的核心議題。在眾所矚目的氣候變遷趨勢之下，無論是生物性或非生物性逆境將更形嚴峻。作物耐(抗)逆境的提升可以透過育種、栽培調適及農場管理等的方式來達成，尤其作物品種的改良最能夠實質的增進作物對逆境的耐抗能力，減少栽培上遭遇的問題。

為因應消費者對農產品高品質及安全衛生之需求，同時面對氣候變遷對作物栽培之風險與日俱增，選育耐熱、耐淹水、抗病蟲、抗旱以及適合機械化等不同目的的農園藝作物品種，使得作物新品種選育已成為產業永續發展的重要課題。以往藉由傳統雜交及選拔之育種已獲得輝煌之成果，近來加上分子輔助育種、基因編輯等科技方法的導入，將會使台灣作物育種成果更加豐碩。本研討會以育種研發為主題，將作物分為水稻、雜糧、果樹、蔬菜、花卉、茶樹與飲料作物及其他等 7 大類別，由農委會所屬試驗改良場所育種人員，運用傳統雜交、回交、分子輔助選育及生物技術等方法達成育種目標，以提升國內農作物生產耐候韌性及糧食自給率，穩定農產品供給質量並維護糧食安全。

希望藉由本研討會的舉辦，邀請各界專家學者進行成果發表與育種方法之分享討論，針對不同作物的基因型、外表型及生理指標於育種之親本篩選、實生苗選拔及優良品系評估之應用，持續研究作物的生理特性、精進選拔技術，供育種及栽培相關之產、官、學各位專家能夠一同研討與改善，促進跨單位合作，也希望藉由育種技術與成果的交流，推動台灣作物產業升級。在此，預祝本次研討會順利、圓滿成功。同時也感謝各位貴賓的熱情參與，敬祝大家有愉快的一天。謝謝大家!

行政院農業委員會農業試驗所所長林學詩
中華民國一一〇年十月二十二日

國立屏東科技大學　戴昌賢校長　開幕致詞

各位貴賓、先生、女士大家早安，受到疫情影響，現在很多研討會都改為線上，沒辦法跟各位貴賓一一當面交流致意感到非常可惜。今天研討會是針對農園藝作物育種的過程與初步成果的研討會。屏科大過去也協助培養育種相關人才，像是現任香蕉研究所邱所長，是我們熱農所畢業的，過去育成很多印度棗的品種；鳳山分所李所長也是我們熱農所畢業的，屏東種苗中心邱主任是我們農園系畢業的，他們也育出了幾個木瓜的品種，都是對產業非常有幫助。我們顏昌瑞教授也從國外引進了許多新興果樹的種原，陳福旗老師、黃倉海老師也對蝴蝶蘭、長壽花的育種上也都有豐碩的成果。

農園藝作物的種類繁多，然而從事育種的人員非常有限，隨著氣候變遷與人類飲食習慣的改變，作物育種的目標也一直在變，所以一個作物的育種需要很多相關領域的專家一同參與，應該包含育種的、病蟲害的、生理的等大家共同訂定目標，一起奮戰。傳統育種上，例如水稻、蔬菜等短期作物少則 5-6 年才有初步成果，果樹這種多年生作物，甚至要 10 年以上，因此如果在訂定目標時沒有縝密的思考，10 年、20 年過後才要回頭就會非常困難，所以育種過程也需要不同領域的一同坐下來滾動式檢討修正。且隨著科技發展，相關新技術推陳出新，從過去的雜交育種、進而誘變育種、再到基因轉殖，再到現在的基因編輯，無非是想快速達到育種的目標，而分子標記的技術則可有效縮短育種時間。這幾年智慧農業的推廣開發，也有需多的技術可應用在推廣上，例如今日的講者劉力瑜主任，就將大數據分析應用在育種上、另外林大鈞博士的利用影像辨識掃描，來協助外表特性數據化然後再進行紀錄分析，這都是未來育種人員可以一同努力合作與利用的技術方向。

屏科大這幾年也積極開發智慧農業相關機具設備，像是龍門系統，未來也可在學校不同系所進行跨領域的育種合作，我們也期待周遭相關的農業研究改良單位可以跟屏科大持續密切的合作，不僅在育種方面，其他的栽培技術、機具開發上都有很多空間，希望大家一起來為台灣農業的發展做努力。最後預祝本此研討會順利、成功。

國立屏東科技大學校長戴昌賢

中華民國一一〇年十月二十二日

第一節

新興作物育種技術

大數據在作物育種上之應用

劉力瑜 [1*]

[1] 國立臺灣大學農藝學系
*通訊作者 E-mail：lyliu@ntu.edu.tw

摘要

隨著高通量分子生物技術及表現型分析技術的快速發展，傳統的育種研究也隨著進入大數據分析的時代。本篇論文簡述高通量定序等大數據應用在育種研究的發展現況，以及大數據分析的機會與挑戰。未來應鼓勵育種與資料統計分析等領域專家積極合作，共同研商育種目標、最新技術發展趨勢、資料收集與標準化的步驟、資料儲存分析與共享等，以使大數據能發揮最大功用，更精準快速地育成符合市場需求的作物品種。

關鍵字：作物育種、大數據、分子標誌、關聯分析

前言

作物育種屬於勞力密集的研究領域，因應全球人口增長及氣候變遷挑戰下的糧食生產，正需要高通量技術的導入來加速育種流程。與作物育種相關的高通量技術，包含分子層級之高通量定序技術(Varshney *et al*., 2009; Singh *et al*., 2020)，到田間環境或作物外表型的遙測或感測器技術(Jang *et al*., 2020; Weiss *et al*., 2020)，以及收集數據的物聯網(Ayaz *et al*., 2019)或區塊鏈應用(Liu *et al*., 2019) 等。隨著高通量分子生物技術及表現型分析技術的快速發展，傳統的育種研究也隨著進入大數據分析的時代。因此，集合作物育種、機器學習、高通量技術、資料統計分析等領域的專家，甚至政府因應氣候變遷之決策團隊，共同研商育種目標、最新技術的發展趨勢、資料收集與標準化的步驟、資料儲存分析與共享等，以使大數據能發揮最大功用，使作物品種的育成能更精準快速地符合市場需求 (Shakoor *et al*., 2019)。

為確保農業數據集發揮最大潛力，需要建置從資料收集到資料儲存與備份的基礎設施，以使農業大數據發揮最大應用潛力。育種家也需要養成資料分析或數據解讀的專業知識，使其能從資料獲取可用資訊甚至開發新工具，以實際應用在遺傳關聯、生長預測及作物改良。另一方面，對於統計與生物資訊的專家，若能致力於開發符合育種家思維邏輯的分析工具，可降低育種專家應用統計分析或機器學習方法的門檻。本篇論文將針對高通量分子標誌應用在育種研究的發展現況、資料分析流程概述，以及統計、機器學習、甚至深度學習在高通量分子標誌分析應用時的潛力與挑戰。

高通量分子標誌技術

分子育種是採用分子標誌技術進行新品種的培育，採用傳統雜交作為手段，其原理是借助與特定外表型基因緊密連鎖的 DNA 或 RNA 分子標誌，做為選拔外表型的標的，而分子標誌存在與否可透過定序技術來偵測，可以及早(甚至在可以觀察該外表型結果的時間點之前)進行選拔具有該分子標誌的植株作為下一世代之育種材料，因此可大幅縮短世代的間距，進而提升選拔效率。常用的分子育種方法包含分子標誌輔助選拔(marker-assisted selection, MAS)、全基因體連鎖分析(genome-wise association study, GWAS)、基因體選拔(genome selection, GS)等。

由於分子育種是以分子標誌作為選拔的主要依據，因此分子標誌的開發扮演非常重要的角色。其中，單一核苷酸多型性(single nucleotide polymorphism, SNP)普遍存在於跨物種的基因體序列中，是普遍採用的分子標誌。近年來由於次世代定序技術(next generation sequencing, NGS)的快速發展，除了價格低廉，其應用亦不受限於已解序之物種，得以解決許多重要經濟作物受限於基因體大小尚

未解序的問題(Ray and Satya, 2014)。次世代定序技術大幅降低了再定序開發 SNP 的成本與時間，育種家可依據研究目的及考量選擇全基因組(whole genome)或簡化基因組(reduced genome)進行分子標誌的開發(Davey *et al*., 2011; Jaganathan *et al*., 2020)，也有利於孤兒作物的育種研究發展 (Kamenya *et al*., 2021)。

隨著物種內各個全基因組序列陸續解序完成，同一物種中包含不同品系或亞種之各個全基因組集合即稱為泛基因組(pan-genome)(Della Coletta *et al*., 2021; Tettelin *et al*., 2005)，其包含了基因組集合中共同具備的核心部分(core fraction)、僅在部分基因組存在的非核心部分(dispensable fraction)、以及僅在單一品系或亞種出現的特有部分(unique fraction)，其中非核心部分及特有部分常與作物抗逆境之基因表現有關(Bayer *et al*., 2020)。泛基因組可作為定序結果之序列比對的參考基因組，衍生出的分子育種方法稱為(pan-genome-wide association studies ,PWAS)，可進一步應用在標定基因體中更多樣化的結構變異，包含基因體插入和刪除的片段(insertions/deletions, InDels)、基因的存在/缺失變異(presence-absence variation, PAV)、拷貝數變異(copy number variation, CNV)、染色體重組(chromosomal rearrangements) 等分子標誌。

性狀與分子標誌關聯分析

當基因型鑑定的時間與成本不成問題，取而代之的困境是大量的資訊分析解讀及資料的儲存彙整(Spindel *et al*., 2013)。針對全基因組及簡化基因組的 SNP calling 也有以廣泛被採用的標準分析流程(Davey *et al*., 2011; Ratan *et al*., 2010)，可應用於模式或非模式物種(Elshire *et al*., 2011; Lu *et al*., 2013)。例如 Restriction-site Associated DNA sequencing (RADSeq)與 Genotype-By-Sequence (GBS)等 SNP 高通量多樣本標定技術，已經開發並廣泛利用的分析流程包含 Stacks (Catchen *et al*., 2011; 2013)、TASSEL (Bradbury *et al*., 2007; Glaubitz *et al*., 2014) 等開源軟體(open-source software)，本團隊利用開源平台 Galaxy (Goecks *et al*., 2010)開發具有簡易操作介面之網站(https://www.agrongalaxy.com)，用以開發 SNP，期能縮短生物學家或育種家摸索生物資訊相關分析模組的時間，加速育種計畫的進行。

隨著結構變異的分子標誌開發，也需要發展能整合開發各種分子標誌的統計分析方法，例如將次世代短序列或第三代長序列定序結果拆解為 k 個鹼基組成的短片段(稱為 k-mers)後，再透過圖型演算法(graph-based methods)以快速搜尋，可應用在有全基因組、簡化基因組、泛基因組、甚至是沒有參考序列的各種情境 (Jayakodi *et al*., 2021)。上述演算法已應用在研究阿拉伯芥、番茄和玉米中多達 2000 個性狀的關聯分析(Voichek and Weigel, 2020)，這些依據 k-mer 建

置的演算法比現今採用的分子標誌開發分析方法更有效率，未來應有更多的發展應用可能性(Gupta, 2021)。

開發大量的分子標誌後，可結合適當的外表型鑑定(phenotyping)，進行分子標誌輔助選拔、全基因體連鎖分析、基因體選拔等應用(Ray and Satya, 2014)。分析方法包含累加基因固定型效應及變方成分隨機型效應的統計混合線性模型(mixed linear model, MLM) (Tibbs Cortes *et al*., 2021)，貝氏統計方法(Bayesian statistics) (Fernando and Garrick, 2013)等，基因體選拔也有前人研究嘗試建立機器學習(machine learning)或深度學習(deep learning)等經驗模式(Montesinos-López *et al*., 2021)，但經驗模式的表現常受限於樣本數量(特別是外表型數據) (Abdollahi-Arpanahi *et al*., 2020)。

大數據分析發展潛力與挑戰

近年來各種分子標誌的取得，隨著定序技術快速蓬勃發展，在成本與時間的考量下取得大量分子標誌已經不是最主要問題，反而資料的備份與分析所需的資訊硬體設備才是瓶頸所在。即使如此，因作物生育季節與時間週期限制，還有尚未完全發展成熟的高通量外表型擷取與量測工具，導致完整的作物性狀樣本數遠遠不及分子標誌的樣本數，也因此限制了巨量規模解析性狀與分子標誌間關聯性的可能性，遑論進一步探索作物不同性狀間的關聯性，或者分子標誌間的交互作用導致的作物性狀差異。

為了累積足夠的外表型數據，建立高度自動化的標準外表型擷取與量測工具，並透過不同地區協作突破作物生育季節與時間週期限制。無論協作團隊是否採用相同的高通量量測工具，需優先建立收集資料的統一格式。研究場域的環境感測數據亦可融合在品種選拔的過程中，若能適當挑選與目標性狀相關的環境感測數據可以輔助品種選拔的決策。但是包含環境因子與作物外表型數據的收集，必須依據分析目標，明確定義數據收集的標準程序，以防止消耗成本在收集無法分析或無實質用處的資料。數據收集應該衡量其對分析目標的重要性，而不是簡單地挑選容易量測或取得的資訊。因此，對資料收集的試驗設計、收集時間點、數據格式與解析度標準化等，需事先研議團隊共識，並盡量與國際研究團隊使用的標準接軌，以利後續大數據的共享與整合。

隨著我們積累越來越多的數據，對資料採礦(data mining)與視覺化(visualization)等分析工具的需求也隨之增長，以從大數據中挖掘出有用的，甚至可能出乎意料的資訊。特別是在處理大數據時，透過適當分類標注的散佈圖(scatter plots)，或結合非監督式分群分析(unsupervised cluster analysis)結果的熱圖 (heatmaps)等視覺化工具可檢查資料是否符合各式統計模型的基本假設，或者是否兩變數間有被忽略的關聯性趨勢。設計適當的圖表來呈現數據並據以作

出育種應用的合理解釋，研究者必須同時具備解讀資料的專業知識(如：遺傳學、作物生理學、分子生物學等)，及基礎程式編寫的能力，或者可以透過能順暢溝通的育種學家及資料科學家組成的團隊來達成。團隊的養成則需要長時間頻繁互動交流，了解彼此的專業語言，一旦團隊成形，將比個人單打獨鬥更能有效率推動研究進展。

此外，研究者應盡量避免依據其主觀的判斷篩選數據，例如是在機器學習或深度學習等依據經驗建立模型的演算法，是透過現有資料的組成來學習，因此刪除數據有可能造成部分情境的缺失，導致預測失準的情況。即使資料有部分缺失，可透過合理的差補(imputation)，或將缺值歸為特定類別，仍與其他完整資料一起分析，可能可以從中挖掘出更多訊息。然而，當我們面對的是氣候變遷或者是全新目標性狀等過去從未發生過、沒有數據代表的情境時，無論採用混合線性模型、貝氏統計、機器學習、深度學習等經驗模式(empirical model)，都有可能做出誤判的結果，因此適度結合作物逆境試驗研究成果、依據作物生理反應歸納出來的機制模式(mechanical model)，可能可以彌補應用上需要資料外插的需求。

結語

本篇論文整理了大數據應用在育種研究的發展現況與未來趨勢，無論是高通量分子生物技術及表現型分析技術發展帶來的大數據，毫無疑問地將改變育種研究方法。一直以來育種研究希望能準確預測市場需求，大數據將帶來更多機會，卻也帶來更多資料分析與解讀的挑戰。新世代的育種家需要具備基本的大數據分析能力，並更能包容多元的數據、更願意嘗試新興的分析方法與思考模式。此外，也應積極嘗試跨領域合作，建立與資料科學領域專家順暢的溝通管道，合作開發統計或資訊分析工具，以跟上快速發展的資料科學領域，開啟育種研究的新頁章。

參考文獻

1. Abdollahi-Arpanahi, R., D. Gianola, and F. Peñagaricano. 2020. Deep learning versus parametric and ensemble methods for genomic prediction of complex phenotypes. Genetics Selection Evolution 52(1): 12. doi: 10.1186/s12711-020-00531-z.
2. Ayaz, M., M. Ammad-Uddin, Z. Sharif, A. Mansour, and E.-H.M. Aggoune. 2019. Internet-of-Things (IoT)-Based Smart Agriculture: Toward Making the Fields Talk. IEEE Access 7: 129551-129583. doi: 10.1109/ACCESS.2019.2932609.

3. Bayer, P.E., A.A. Golicz, A. Scheben, J. Batley, and D. Edwards. 2020. Plant pan-genomes are the new reference. Nat. Plants 6(8): 914–920. doi: 10.1038/s41477-020-0733-0.
4. Bradbury, P.J., Z. Zhang, D.E. Kroon, T.M. Casstevens, Y. Ramdoss, and E.S. Buckler. 2007. TASSEL: software for association mapping of complex traits in diverse samples. Bioinformatics 23(19): 2633-2635. doi: 10.1093/bioinformatics/btm308.
5. Catchen, J.M., A. Amores, P. Hohenlohe, W. Cresko, and J.H. Postlethwait. 2011. Stacks: Building and Genotyping Loci De Novo From Short-Read Sequences. G3 1(3): 171-182. doi: 10.1534/g3.111.000240.
6. Catchen, J.M., P.A. Hohenlohe, S. Bassham, A. Amores, and W.A. Cresko. 2013. Stacks: an analysis tool set for population genomics. Mol Ecol 22(11): 3124-3140. doi: 10.1111/mec.12354.
7. Davey, J.W., P.A. Hohenlohe, P.D. Etter, J.Q. Boone, J.M. Catchen, and M.L. Blaxter. 2011. Genome-wide genetic marker discovery and genotyping using next-generation sequencing. Nat Rev Genet 12(7): 499-510. doi: 10.1038/nrg3012.
8. Della Coletta, R., Y. Qiu, S. Ou, M.B. Hufford, and C.N. Hirsch. 2021. How the pan-genome is changing crop genomics and improvement. Genome Biology 22(1): 3. doi: 10.1186/s13059-020-02224-8.
9. Elshire, R.J., J.C. Glaubitz, Q. Sun, J.A. Poland, K. Kawamoto, E.S. Buckler, and S.E. Mitchell. 2011. A Robust, Simple Genotyping-by-Sequencing (GBS) Approach for High Diversity Species. PLoS ONE 6(5): e19379. doi: 10.1371/journal.pone.0019379.
10. Fernando, R.L., and D. Garrick. 2013. Bayesian Methods Applied to GWAS. In: Gondro, C., van der Werf, J., and Hayes, B., editors, Genome-Wide Association Studies and Genomic Prediction. Humana Press, Totowa, NJ. p. 237-274
11. Glaubitz, J.C., T.M. Casstevens, F. Lu, J. Harriman, R.J. Elshire, Q. Sun, and E.S. Buckler. 2014. TASSEL-GBS: A High Capacity Genotyping by Sequencing Analysis Pipeline. PLoS ONE 9(2): e90346. doi: 10.1371/journal.pone.0090346.
12. Goecks, J., A. Nekrutenko, J. Taylor, and The Galaxy Team. 2010. Galaxy: a comprehensive approach for supporting accessible, reproducible, and

transparent computational research in the life sciences. Genome Biology 11(8): R86. doi: 10.1186/gb-2010-11-8-r86.

13. Gupta, P.K. 2021. Quantitative genetics: pan-genomes, SVs, and k-mers for GWAS. Trends in Genetics 37(10): 868-871. doi: 10.1016/j.tig.2021.05.006.
14. Jaganathan, D., A. Bohra, M. Thudi, and R.K. Varshney. 2020. Fine mapping and gene cloning in the post-NGS era: advances and prospects. Theor Appl Genet 133(5): 1791-1810. doi: 10.1007/s00122-020-03560-w.
15. Jang, G., J. Kim, J.K. Yu, H.J. Kim, Y. Kim, D.W. Kim, K.H. Kim, C.W. Lee, and Y.S. Chung. 2020. Review: Cost-Effective Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Platform for Field Plant Breeding Application. Remote Sensing 12(6): 998. doi: 10.3390/rs12060998.
16. Jayakodi, M., M. Schreiber, N. Stein, and M. Mascher. 2021. Building pan-genome infrastructures for crop plants and their use in association genetics. DNA Research 28(1). doi: 10.1093/dnares/dsaa030.
17. Kamenya, S.N., E.O. Mikwa, B. Song, and D.A. Odeny. 2021. Genetics and breeding for climate change in Orphan crops. Theor Appl Genet 134(6): 1787-1815. doi: 10.1007/s00122-020-03755-1.
18. Liu, H., W. Fang, Y. Chen, and Y. Cao. 2019. Preliminary study on the application of blockchain in data management of crop germplasm resources. Journal of Agricultural Big Data 1(2): 105-113.
19. Lu, F., A.E. Lipka, J. Glaubitz, R. Elshire, J.H. Cherney, M.D. Casler, E.S. Buckler, and D.E. Costich. 2013. Switchgrass Genomic Diversity, Ploidy, and Evolution: Novel Insights from a Network-Based SNP Discovery Protocol. PLoS Genet 9(1): e1003215. doi: 10.1371/journal.pgen.1003215.
20. Montesinos-López, O.A., A. Montesinos-López, P. Pérez-Rodríguez, J.A. Barrón-López, J.W.R. Martini, S.B.Fajardo-Flores, L.S. Gaytan-Lugo, P.C. Santana-Mancilla, and J. Crossa. 2021. A review of deep learning applications for genomic selection. BMC Genomics 22(1): 19. doi: 10.1186/s12864-020-07319-x.
21. Ratan, A., Y. Zhang, V.M. Hayes, S.C. Schuster, and W. Miller. 2010. Calling SNPs without a reference sequence. BMC Bioinformatics 11(1): 130. doi: 10.1186/1471-2105-11-130.
22. Ray, S. and P. Satya. 2014. Next generation sequencing technologies for next generation plant breeding. Front Plant Sci 5. doi: 10.3389/fpls.2014.00367.

23. Shakoor, N., D. Northrup, S. Murray, and T.C. Mockler. 2019. Big Data Driven Agriculture: Big Data Analytics in Plant Breeding, Genomics, and the Use of Remote Sensing Technologies to Advance Crop Productivity. The Plant Phenome Journal 2(1): 180009. doi: 10.2135/tppj2018.12.0009.
24. Singh, R.K., A. Prasad, M. Muthamilarasan, S.K. Parida, and M. Prasad. 2020. Breeding and biotechnological interventions for trait improvement: status and prospects. Planta 252(4): 54. doi: 10.1007/s00425-020-03465-4.
25. Spindel, J., M. Wright, C. Chen, J. Cobb, J. Gage, S. Harrington, M. Lorieux, N. Ahmadi, and S. McCouch. 2013. Bridging the genotyping gap: using genotyping by sequencing (GBS) to add high-density SNP markers and new value to traditional bi-parental mapping and breeding populations. Theor Appl Genet 126(11): 2699-2716. doi: 10.1007/s00122-013-2166-x.
26. Tettelin, H., V. Masignani, M.J. Cieslewicz, C. Donati, D. Medini, et al. 2005. Genome analysis of multiple pathogenic isolates of Streptococcus agalactiae: Implications for the microbial “pan-genome.” PNAS 102(39): 13950-13955. doi: 10.1073/pnas.0506758102.
27. Tibbs Cortes, L., Z. Zhang, and J. Yu. 2021. Status and prospects of genome-wide association studies in plants. The Plant Genome 14(1): e20077. doi: 10.1002/tpg2.20077.
28. Varshney, R.K., S.N. Nayak, G.D. May, and S.A. Jackson. 2009. Next-generation sequencing technologies and their implications for crop genetics and breeding. Trends in Biotechnology 27(9): 522-530. doi: 10.1016/j.tibtech.2009.05.006.
29. Voichek, Y. and D. Weigel. 2020. Identifying genetic variants underlying phenotypic variation in plants without complete genomes. Nat Genet 52(5): 534-540. doi: 10.1038/s41588-020-0612-7.
30. Weiss, M., F. Jacob, and G. Duveiller. 2020. Remote sensing for agricultural applications: A meta-review. Remote Sensing of Environment 236: 111402. doi: 10.1016/j.rse.2019.111402.

自動化外表型分析技術在植物表型體研究之應用

林大鈞[1*]、李承彬[1]、游舜期[1]、王怡雯[1]、杜元凱[1]、林思妤[1]、王政翔[1]
王昭月[1]

[1] 農業試驗所生物技術組
*通訊作者 E-mail：dagin@tari.gov.tw

摘要

基於糧食安全的考量，先進國家積極建置大型植物表形能體分析中心，冀能加速穩定、可信之表型體分析技術平台的建立，藉以導入植物學、生理、種原篩選及育種選拔，期能有效縮短育種時程，或是提出可能的解決策略。因此，本文針對自動化植物表型體分析平台、自動化載具系統及多維度感測器系統進行簡介及例舉各種感測器影像分析平台在表型體研究上的相關應用。並介紹國內各研究單位及農試所現行於表形體分析設建置的情形及未來發展。希望能讓尚未接觸表型體研究的植物學研究者能夠對於自動化植物表型體分析平台有一個明確的瞭解，並可作為其未來要發展各自特色表型體分析平台的參考基礎。

關鍵字：作物、自動化、表型體、外表型、多維度感測器系統

前言

「如何餵飽全世界」正是農業及植物學相關應用領域所面臨著嚴峻的挑戰。在 2000 至 2100 年間，全球人口預計由 60 億人增加超過 130 億人(Tester and Langridge, 2010)。另一方面，由於全球氣候變遷的影響，作物生產常暴露在極端天氣下，面臨著水資源及營養源的匱乏，而熱帶及亞熱帶區域的耕地面積，預估將會減少至目前可耕地面積的 21%(Zhang and Cai, 2011)。尤其，乾旱及耕地的鹽化，導致這些區域可能損失 50%的耕地面積(Wang *et al*., 2003)。因此，農業需要進行第二次綠色革命，以加速新型氣候適應作物品種的育種，進而滿足糧食、生質能源、纖維或其它工業的需求。

目前「表型體」(phenome)一詞，意謂著全株植物的外表型(Soule, 1967)。植物表型體主要是由基因體(genome,G)、環境狀態(environmental conditions, E)及此二者間的動態交互作用(GxE)所決定(Houle *et al*., 2010)。然而，作物的栽培管理(management, M)，是外表型的另一個決定因子。因此，在特定農業系統，植物外表型是 GxExM 複雜交互作用的結果(Porter and Christensen, 2013)。

近來次世代定序技術大幅加速功能性基因體研究的進展(Houle *et al*., 2010)，導致數量基因座定位及基因體關聯性研究成為驗證複雜性狀的有力工具，而許多重要的植物性狀基因也因此而被發現(Atwell *et al*., 2010; Fernie and Yan, 2019; Shi *et al*., 2019; Xiao *et al*., 2017; Yao *et al*., 2017; Zuo and Li, 2014)。然而，執行作物育種計畫受到植物外表型分析方法的限制，目前常用的植物外表型分析方法頗為耗費人力、時間，且常為破壞性取樣，此外，需在多個環境及季節中進行重複試驗，使得許多育種計畫僅調查最終的產量相關性狀，但產量性狀本身為複雜性狀，且在作物育種中的遺傳力並不高。因此，外表型數據的取得，目前仍是作物育種及功能性基因體等研究的主要瓶頸(Deery *et al*., 2016)。儘管學界已投入了大量的研究工作，但在縮小基因體資訊與複雜性狀外表型間的知識缺口上，仍是關鍵的挑戰。舉例而言，學界在作物耐旱育種的努力，儘管已在全球進行了 20 年的研究，但上述的知識差距，仍遠遠沒有得到解決(Tuberosa *et al*., 2014)。傳統植物外表型分析方法頗為耗費人力、時間，不客觀，且常為破壞性取樣(Chen *et al*., 2014; Furbank and Tester, 2011)。

自動化植物表型體分析平台

為了有效進行植物外表型分析，促使許多植物學家開始廣泛應用非侵入式外表型分析方法。目前已有一系列基於非破壞性量測的自動化系統，應用於不同情境下的溫室、生長箱(Araus and Cairns, 2014; Chen *et al*., 2014; Fiorani and Schurr, 2013; Furbank and Tester, 2011; Neilson *et al*., 2015)。因此，可在不同環境

控制及處理下，大規模進行植物基因型之相關外表型的測試。但這些分析設備的共通處在於實驗方法常受限於輪生植物或是主要穀類作物(Li *et al*., 2014; Neilson *et al*., 2015)。因此，Neilson 等學者已針對這些方法進行改良，使測量平台可分析多數的穀類作物。此外，在田間的非破壞性高通量外表型分析方法研究，包含測試不同的技術與平台(Andrade-Sanchez *et al*., 2014; Comar *et al*., 2012)。可是其所面臨的挑戰，是肇因於生物及非生物因子所導致田間農業生態系統對物候(phenology)及生理影響的複雜度。因此，在田間試驗中應用高通量表型分析方法，須要導入多維度的研究方法(Araus and Cairns, 2014)，而且目前已有非破壞性感測器型的外表型分析方法，成功地被整合至現行生理育種計畫(Pask *et al*., 2012; Reynolds *et al*., 2012)。

近來國際研究社群已發展出各種表型體分析平台，其中以瑞典(Crop Design, LemnaTech)、澳洲(Australian Plant Phenomics Facility, APPF-CSIRO, Australian National University 及 University of Adelaide)、英國(UK Plant Phenomics)、法國(PHENOARCH,INRA)，及跨國農業生技公司如 Syngenta 公司所建置的平台最為進步。這些高通量且非侵入式的植物表型體分析平台，其具備：(1)完全環境控制，結合多種感測器，非破壞性定株調查收集資料；(2)可在全生育期，連續且即時收集數據；(3)數據收集客觀、完整及精確；(4)收集數據豐富完整且可信度高。

概括國際目前所建立的自動化植物表型體分析設施，依規模可區分為：實驗室、溫室及田間三個層級(圖一)，而內容包含：(1)智慧環控的場域；(2)自動化載具搭載多維度感測器(senosors)系統；(3)植物影像分析平台。其中，智慧環控場域的部分，在農委會主導的「智慧農業」科技政策下，已有頗多成熟的論述及豐碩的成果。另一方面，影像分析完整流程的總結，包含偵測器、前處理、分割過程、特徵萃取及機器學習演算法等步驟(圖二)(Perez-Sanz *et al*., 2017)。未來影像資料庫的使用，將如同 NCBI 或 Uniprot 在基因體和蛋白質體研究領域上，扮演著非常關鍵的角色。且隨著高解析度感測器及自動化表型體設施平台設備價格的下降，新實驗可能會產生更大的數據集，而這些數據集將必須進行人工智能基礎的數據分析，以便讓研究人員可以用人力來解釋結果。雖然，現今發展的影像分析標準程序仍未有共通點，導致目前多數文獻的分析流程仍具有相當的歧異，多屬於個案研究成果。但其研究發展，應就像其它體學一樣，日後將會有逐步發展出可靠且具再現性的標準程序。故本文將先針對自動化植物表型體分析平台中的自動化載具及多維度感測器等系統進行簡介。

自動化載具系統

自動化植物表型體分析平台所常用的自動化載具可分為：(1)輸送帶載具(conveyor vector ; https://www.lemnatec.com/phenomics-assisted-breeding-with-lemnatec-scanalyzer/)；(2)天車載具(gantry vector ; https://phenospex.com/products/plant-phenotyping/planteye-f600-multispectral-3d-scanner-for-plants/?gclid =EAIaIQobChMI36n3p_HE8wIVjWkqCh0eRgQNEAAYASAAEgLczvD_BwE)；(3)自走式機器人載具(robotic vector)(Atefi *et al.*, 2021)；(4) 無人機載具(UAV)等(Xie and Yang, 2020)。前者是將植物種植於輸送帶上，由輸送帶系統定時將植物搬運到照相箱，進行影像的擷取，進而轉化成性狀分析資料。此系統較適用於實驗室及溫室等級的表型體分析試驗。後三者則是搭在各種偵測器，運行至供試植物上空，進行影像的拍攝擷取，再轉化成為性狀分析資料。這些系統廣泛應用於實驗室、溫室及田間等不同層級的植物表型體試驗。

多維度感測器系統

另一方面，由於非破壞性檢定技術的發展，使多種感測器及影像分析系統得以成功地被應在自動化植物表型體分析平台。現行最常被應用的感測器有RGB 影像、多光譜或高光譜、熱影像、螢光、雷射及斷層掃瞄等影像技術，皆具有高解析影像偵測及分析的潛力，進而得以建立多維度非侵入性外表型分析方法(Li *et al.*, 2014)。

RGB 影像分析 (RGB imaging)

RGB 影像分析是基於可見光的一種植物外觀研究工具，可進行莖部抽長到冠層涵蓋地上部的外表型分析。這些工具對於研究葉及冠層的生化相關生理過程，有相當的限制性。目前，RGB 的設置已被應用於溫室 2D(Golzarian *et al.*, 2011) 及 3D(Paproki *et al.*, 2012)的影像分析研究分析，或是田間試驗的近端偵測 (Hoyos-Villegas *et al.*, 2014)及 UAV 的遠端遙測(Bendig *et al.*, 2014)。而田間探討根系外表型分析，亦已利用簡單的 RGB 相機技術(Xiong *et al.*, 2017)。但由於 RGB 系統的限制性，這些研究的重點多只能限於產量相關的影像外觀性狀。同時，在加掛其它系統下，方能進行有限的生理過程分析。

多光譜影像分析 (Multispectral imaging)

多光譜影像分析包含近紅外線範圍的光譜影像，並能夠更詳細分析植物及葉的生化特性，如重要色素的組成(如葉綠素及類胡蘿蔔素)及葉中的水分含量，並能計算植被指數(vegetation indices, VIs)的範圍。多光譜感測器及影像分析系統已被應用於計算及評估不同田間試驗目的指標，如葉中水分含量(Gutierrez *et al*., 2010)；簡單植被指數來量化氮肥施用情形及作物生物量(Svensgaard *et al*., 2014)；或是利用 UAV 進行植物逆境表現的偵測(Rossini *et al*., 2013)。但由於離散光譜的影像干擾，導致多光譜系統的限制性，無法針對葉及冠層生化性質，進行複雜的研究。

高光譜影像分析 (Hyperspectral imaging)

高光譜影像分析包含完整的可見光及近紅外線區的連續光譜影像。因此，可被運用來進行較為複雜的色素型態、水分、生化組成及植被指數的研究。先進多元的統計可用於輔助這些案例連續光譜的分析，故比多光譜設置能提供較多作物的生理資訊。目前，高光譜影像分析已同時被應用於溫室及田間的病害檢測 (Bock *et al*., 2010)。同時，已被廣泛應用於作物生化、品質及產量的研究(Dale *et al*., 2013)。通常，光譜的反射率深受照明及植物冠層的影響。因此，此系統尚需要結合其它感測器、影像系統或是生理學方法的使用(Berger *et al*., 2010)。在室外條件下，特別是風及環境背景均會影響測量時之信噪比(signal-to-noise ratio)的最佳化(Jones and Vaughan, 2010)。尤其，在高光譜影像分析研究中，數據分析時的數據負載及複雜性，亦是頗具挑戰性的因子(Fiorani and Schurr, 2013)。

熱影像分析 (Thermal imaging)

熱影像分析可被用來研究冠層溫度及氣孔導度相關之葉面溫度。因此，可被用來探討植物的逆境反應，如玉米在田間的耐旱表現(Araus *et al*., 2012; Berni *et al*., 2009)；植物在病害或鹽害的逆境表現(Costa *et al*., 2013)。儘管可快速量測植物間接的蒸散作用，熱影像分析仍需克服土壤背景溫度、空氣溫度、風、濕度及生理變化在短時間內影響冠層及葉面的溫度等挑戰。因此，此技術需要嚴格的測量步驟及背景噪值的校正(Berni *et al*., 2009; Costa *et al*., 2013)。

螢光影像分析 (Fluorescence imaging)

螢光影像分析是一種研究植物逆境反應頗具威力的工具。葉綠素螢光可被連結至光合作用生理反應，因此螢光影像分析技術可用來掃描及量化植物及葉對生物及非生物逆境的反應。螢光可用來研究簡單的葉綠素激發，進而利用飽和光脈衝所產生的脈衝幅度調製(pulse amplitude-modulated, PAM)螢光或太陽光誘導螢光分析方法，探討光系統 II 的活性(Gorbe and Calatayud, 2013)。螢光影像分析技術亦已被用來於環控系統下，研究耐旱逆境的反應(Woo *et al*., 2008)，或是甜菜真菌性病原菌的發展(Chaerle *et al*., 2007)。在田間系統，太陽光誘導螢光影像技術已應用於橄欖樹真菌性病原菌之 UAV 外表型分析方法(Calderon *et al*., 2013)。螢光影像分析技術對於深層複雜的冠層結構，有類似的限制性，同時亦受戶外可用光照、型態及風的影響。

利用雷射、立體相機及 TOF 深度攝影機進行 3D 影像重建技術 (3D reconstructions by lasers, stereo cameras, and time of flight cameras)

一般而言，無論是基於 RGB、多光譜/高光譜、熱影像或螢光原理的 2D 影像系統，由於缺乏深入的結構資訊與植物結構的影響，限制其在冠層性狀研究的應用。因此，3D 系統在田間試驗中，或以單一感測器(Thomsen and Schelde, 2010)；或以先進的多重感測器(Busemeyer *et al*., 2013; Deery *et al*., 2014)，來估計生物量結構、株高。在可控制的環境中，3D 系統可被用來進行詳細的植物外觀分析，如葉角度、葉表面積(Kempthorne *et al*., 2015)及完整的生長速率(Pengelly *et al*., 2010)。所有 3D 雷射及影像分析系統都存有一般的限制，諸如植物的移動及室外的太陽光照，均可在室內獲得控制。同時，建模及數據處理對於 3D 影像分析技術，亦頗具挑戰性(Li *et al*., 2014)。

斷層掃描影像分析 (Tomography)

斷層掃描影像分析，如 X 射線及核磁共振(MRI)系統，是一種正在開發的植物外表型分析技術，適用於研究植物、根及土壤的內部結構(Li *et al*., 2014)。同時，MRI 對研究植物動態代謝體，亦有頗大的潛力(Borisjuk *et al*., 2012)。然而斷層影像分析在根系研究頗具潛力，但因非根物件的干擾，使得斷層影像分析技術亦需經大幅改進，方能改進分析時的信噪比。同時，X 射線的輻射效應，亦有可能對根有負面影響。故此技術無法被考量為高通量的分析平台(Fiorani and Schurr, 2013)。

本文前述一系列非侵入式的外表型分析方法，已被證明在環生長箱、溫室、或田間情境下，對基因組訊息的功能分析是具有價值的。而多數的植物學家及

育種者最感興趣的生物特徵，是外表型而非基因型。這與現行植物科學特別相關，因為任何作物育種計畫的最後目標，都是希望能改良作物的重要外表型，如生物/非生物逆境抗性、產量、品質及穩定性。

國家植物表型體分析中心的建置

植物外表型態的調查，是植物、生理、種原及育種研究所必備且重要的一環及基礎。因此，中央研究院、台灣大學、農科院及世界蔬菜中心分別建立實驗室、溫室及田間的天車式的自動化表型體分析設施，主要針對植物及生理學的基礎研究。而農試所近年來，因發展智慧農業研究、作物外表型分析、種原篩選及作物選拔的需求下，致力打造高通量自動化表型體分析平台，建立自動化作物外表型調查分析技術，冀能達到客觀且精準地種原篩選或是育種選拔之目的，同時作為育種經驗傳承的利器。有鑑於此，本所已分別在實驗室、溫室及田間系統等三個層級，逐步建立國家植物表型體研究中心(表一)。

在實驗室等級部分，我們已完成 Phenotron 表型體生長箱及 SmartGrain 種子外觀分析平台之建置。前者為一環控桌上型生長箱(15-45℃)，搭載雙光學相機系統，可建立待測植物的 3D 影像模型，進而分析葉面積、株高及葉色等生理參數。後者則由日本 NIAS 所開發的 SmartGrain 軟體(Tanabata *et al*., 2012)，搭配一般光學掃描器所建置之種子外觀分析平台，可以分析自阿拉伯芥到大豆等種子的外觀特性。目前，我們已利用此系統，針對大豆花青素近同源系的核心種原材料，完成種子外觀性狀資料庫的建置。甚至，我們已利用此系統，於臺農 67 號水稻誘變庫中，篩選出大粒種子突變體(H228)，進而分析其與小粒種子對照品系--AZ0001 雜交所得 F_1 及 F_2 後代種子外觀性狀之遺傳特性，並配合基因型分析結果，完成粒長、粒寬及長寬比等基因的定位及 QTL 分析。

在溫室等級部分，我們已在生技組半密閉溫室內，建置自動化三維天車式載具搭載荷蘭 Phenospex 公司之 PlantEye 雷射掃描器，可分析待測作物的 3D 影像及生物量參數。此為國內首座大型溫室型表型體分析設施。其擷取的 3D 雷射影像解析度可達 1.5mm，並可透過 HortCotrol 系統，將所得影像後製轉換為各項生物量參數。此外，亦可透過 CloudCompare 分析影像原始數據，同時配合光學影像結果，探討新的作物外觀特性。目前，已針對大豆、甜瓜、甜椒、水稻及油菜等作物，進行 PlantEye 自動化表型體數據與傳統方法結果的關聯性分析。其中，大豆在前 6 週生育期之株高、葉面積及生物量等特性，與傳統方法結果間 R2 均> 0.8，顯示於此生育期內大豆自動化表型體數據與傳統分析結果間具有高度關聯性，可取代傳統方法來收集大豆生物量表型體參數(Lin *et al*., 2021)。因此，我們針對前述大豆花青素近同源系，持續進行 6 週內生物量表型

體及 3D 影像等數據的收集。另一方面，我們亦利用此系統，進行水稻白葉枯病抗、感品系，於接種白葉枯病菌 XF89b 前後的 NDVI 分析，結果發現接種白葉枯病菌的感性品系 (IR24)，其 NDVI 在接種 12 天後，確實有明顯下降的趨勢(林等，2019)，未來可應用此系統進行水稻種原抗病性的篩選。在因應氣候變遷的研究需求下，團隊正進行精準秤重系統的測試，同時擬建置熱影像、高光譜等植物表型體分析系統,希望針對植物非生物(乾旱、淹水及耐鹽)及生物(不同植物病害處理)等逆境反應等特性，建立快速穩定之表型體分析技術。

本所在農委會規劃因應氣候變遷之耐逆境育種設施建置，於 110-113 年中長程計畫，擬建置國家植物表型體分析中，包含在智慧環控溫室下，分別建置輸送帶式及天車式表型體分析設施，同時在擬建置大型田間天車式表型體分析設施(圖三)。冀能作為我國農業研究學群進行精準大型之表型體研究的標竿場域，同時成為農業表型體研究的領航者，打造智慧、快速、精準栽培及育種基地。

此表型體分析中心未能希望能夠提供的服務內容，包含：(1)進行植物表型體分析與技術平台的開發；(2)進行植物結構與功能研究；(3)進行作物模式(crop model)的研究；(4)探討植物、病原菌、益生菌或害蟲間的交互作用；(5)分析植物逆境生理的反應及探勘可能的分子機制；(6)進行種原篩選及品種選育；(7)建立快速精準栽培及育種平台；(8)開發作物的調適栽培技術。因此，未來將提供台灣農業研究學群，進行重要作物表型體資料庫的建立，並希望能與國際表型體研究中心形成跨國表型體研究策略聯盟。同時，針對所內的同仁可作為植物學、植物生理、重要性狀基因探勘、種原篩選、育種選拔、建立作物模式、植物與病原菌或動物間交互作用等研究的重要利器，並可進一步發展快速精準育種平台，亦冀能作為本所智慧農業成果展示的重要場域。此外，對於本會轄下改良場所育種者、農業生技公司及種苗業者，希望可作為初級試驗的精準篩選場域或是耐候候選品種的最終驗證場域。

結論

依分子遺傳學、高效能 AI 計算及自動化表型分析平台目前發展的趨勢，未來若能建立細胞或組織等級的多維度表型分析技術平台，將可協助植物學家進一步地瞭解植物與動態環境間的複雜相互作用。另一方面，若能同時結合高解析、高通量之外部表型體分析結果，將可進一步獲得植物重要生理性狀完整及額外的訊息。此外，表型體分析技術平台若能通過已知遺傳或生理功能間關聯性的完整驗證，那所取得的外表型分析結果，對基礎、應用植物科學及育種

而言，是極具前途與價值的工具。而明確生理性狀的確立，對育種計畫的選拔過則更具價值。

表型體學泛指相關生物外表形態的系統性研究，是生理研究或作物育種選拔的重要依據。傳統方法多依賴人力，耗時費力且不客觀，易成為後續應用的瓶頸。因此，目前各國農業研究單位乃至於大型國際種子公司，紛紛投入分析表型體之各種軟硬體設施建置，以建立精準的外表型分析平台，進而對複雜的作物性狀進行調查與探討。近來國際研究社群已發展出各種表型體分析平台，但國內雖有投入許多生理性狀偵測器(如水分、溫度、光度、VIS、NIR、UV、IR、螢光)的開發，亦有影像擷取、儲存及分析系統的開發。但整體而言，仍缺乏整合完善且具高通量的分析平台。究其原因，為投入表型體分析平台所需的資源極多、規模龐大有別於一般之研究。在臺灣要發展這種投入資金龐大、高階人才需求較多的新興科技，只能以國家級計畫的方式整合不同的領域團隊，方有可能達成。

農試所於因應氣候變遷中長程公共建設計畫的需求，擬建構國家植物表型體分析中心，包含智慧型環控溫室、輸送帶及天車式多維度表型體設施、大規模的田間天車式表型體分析系統及整合型的影像分析系統。未來將串聯國內重要表型體研究團隊，如中央研究院、台灣大學、農科院、中興大學、世界蔬菜中心等，形成重要研究策略聯盟，於各單位場域建置各自特色的表型體分析核心設施，進而得以彼此共享表型體分析技術開發經驗、設施，後續可共同建立擴大、穩定及可信的表型體分析平台。最終，希望能與國際表型體研究中心形成跨國表型體研究策略聯盟，得以共享重要作物於不同區域的表型體資料庫。

誌謝

感謝陳勇佑建築師事務所團隊協助本所國家植物表形體分析中心工程案的設計、監造作業。

表一、農試所目前所建立的表型體分析設施
Table 1. The developed phenomics facilities in Taiwan Agricultural Research Institute.

層級	表型體設備		目前應用研究	具備組室	優點	劣勢
實驗室	掃描器	一般光學相機	1. 病斑量測； 2. 葉面積量測； 3. 種子大小量測； 4. 部分植化參數的量測	農工組、作物組、農化組、植病組、應動組、農場組、種原組、生技組	1. 精準； 2. 掃描器種類完善； 3. 適用於建立作物苗期或是種子等外表型的分析。	1. 無法自動化，耗費人力。 2. 可測樣品數較少，無法高通量進行試驗，所以無法進行大規模種原篩選及品種選拔。
		螢光(單點式)	1. 光合作用效率； 2. 生物及非生物逆境反應。	農工組、作物組、農化組、種原組、生技組		
		熱影像(IR)	1. 植溫量測； 2. 氣孔導度；	農工組、作物組、農化組、生技組		
		高光譜	1. 植物病害反應； 2. 果實品質分析； 3. 重要機能性成分分析 4. 植披指數。	農化組、生技組		
溫室	自動化載具	自動化天車系統	1. 建立大豆核心種原表型體資料庫； 2. 自動化量測水稻、甜椒、甜瓜、胡瓜、油菜及蝴蝶蘭	生技組	1. 自動化，節省人力。 2. 可應用於中、小型作物。 3. 可進行264株植物表型體分析。 4. 進行結構及生物量的量測。	1. 缺乏良好環控設備溫室，試驗受環境影響頗大。 2. 規模仍不足以進行種原篩選及品種選拔。 3. 掃描器種類過少，無法進行生理等重要表型分析。
	掃描器	單波段雷射掃描器				
	影像分析平台	HortControl				
田間	自動化載具	UAV		農化組、作物組、植病組、農工組	1. 高通量； 2. 掃描器種類完善； 3. 可應用於糧食作物、果樹等作物商業生產模式下的表型體分析；	1. 田間環境不易控制，試驗條件不易一致，目標環境可遇不可求。 2. 後續表型體分析，對AI能力需求較高。
	掃描器	一般光學相機	1. 田間調查； 2. 部份植被指述的量測 3. 稻熱病的評估。	農化組、作物組、植病組、農工組		
		熱影像(IR)	1. 田間水分管理； 2. 植物黃熟度。	農化組		
		高光譜	1. 田間病害調查； 2. 植被指數量測。	農化組、作物組		
	影像分析平台	Pix4D、R、Python等		農化組		

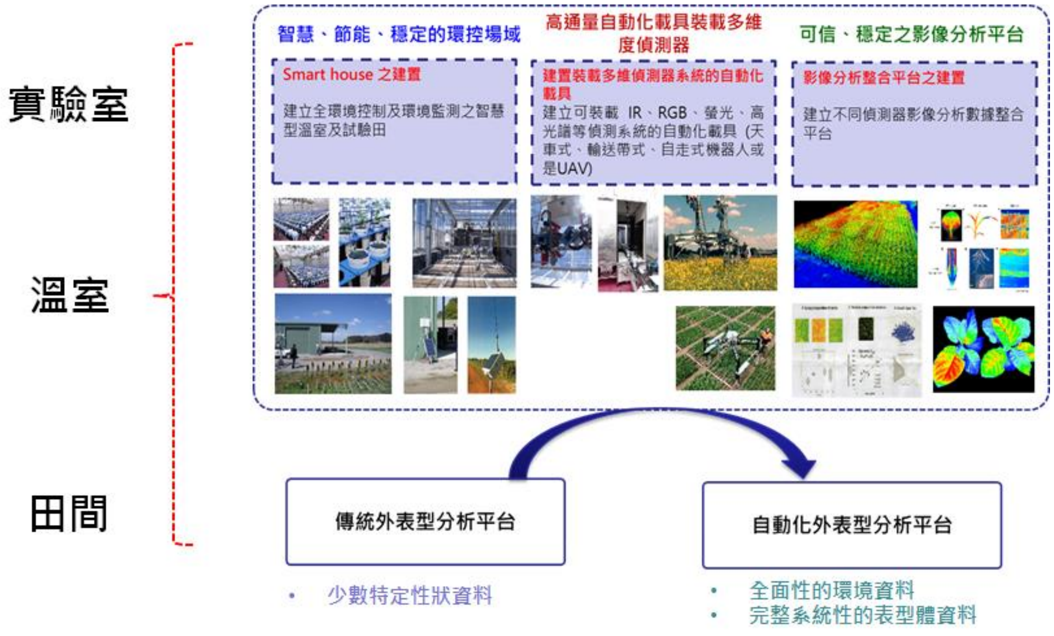


圖 1 自動化植物表型體分析平台
Fig.1 The plant auto-phenomics platform.

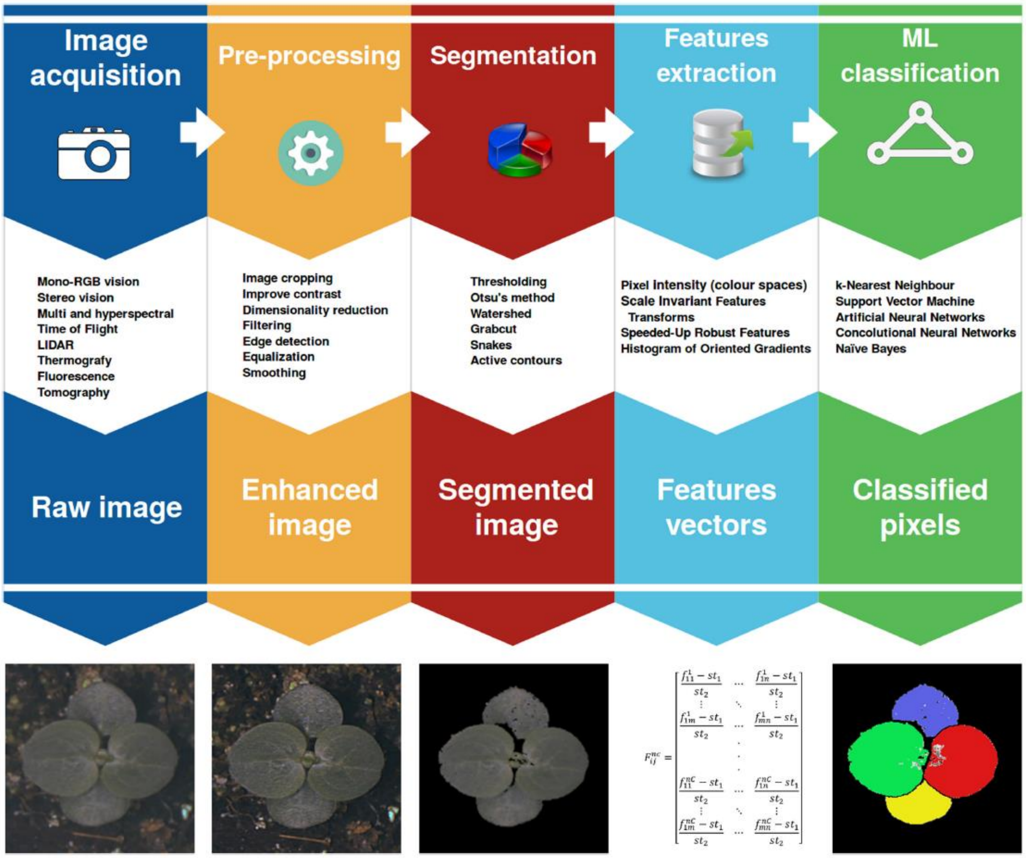


圖 2 電腦視覺基礎之植物外表型分析工作流程(Perez-Sanz et al.,2017)
Fig.2 Basic workflow in computer vision-based plant phenotyping(Perez-Sanz et al.,2017)

圖 3 國家植物表型體分析中心規劃設計圖
Fig.3 The design drawing of the National Plant Phenomics Center

參考文獻

1. 林思妤、林大鈞、楊佐琦. 2019. 自動化作物表型體設施簡介. 技服期刊 119：21-25.
2. Andrade-Sanchez, P., M.A. Gore, J.T. Heun, K.R. Thorp, A.E. Carmo-Silva, A.N. French, M.E. Salvucci, and J.W. White. 2014. Development and evaluation of a field-based high-throughput phenotyping platform. Functional Plant Biology 41:68-79.
3. Araus, J.L. and J.E. Cairns. 2014. Field high-throughput phenotyping: the new crop breeding frontier. Trends in plant science 19:52-61.
4. Araus, J.L., M.D. Serret, and G.O. Edmeades 2012. Phenotyping maize for adaptation to drought. Frontiers in physiology 3:305.
5. Atefi, A., Y. Ge, S. Pitla, and J. Schnable. 2021. Robotic Technologies for High-Throughput Plant Phenotyping: Contemporary Reviews and Future Perspectives. Frontiers in plant science 12, 611940.
6. Atwell, S., Y.S. Huang, B.J. Vilhjalmsson, G. Willems, M. Horton, Y. Li, D. Meng, A. Platt, A.M. Tarone, T.T. Hu *et al.* 2010. Genomewide association study of 107 phenotypes in *Arabidopsis thaliana* inbred lines. Nature 465:627-631.
7. Bendig, J., A. Bolten, S. Bennertz, J. Broscheit, S. Eichfuss, and G. Bareth. 2014. Estimating biomass of barley using crop surface models (CSMs) derived from UAV-based RGB imaging. Remote Sensing 6:10395-10412.
8. Berger, B., B. Parent, and M. Tester. 2010. High-throughput shoot imaging to study drought responses. J. Exp. Bot. 61:3519-3528.
9. Berni, J.A.J., P.J. Zarco-Tejada, L. Suárez, and E. Fereres. 2009. Thermal and narrow-band multispectral remote sensing for vegetation monitoring from an unmanned aerial vehicle. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing 47:722-738.
10. Bock, C.H., G.H. Poole, P.E. Parker, and T.R. Gottwald. 2010. Plant disease severity is estimated visually, by digital photography and image analysis, and by hyperspectral imaging. Critical Reviews in Plant Sciences 29:59-107.
11. Borisjuk, L., H. Rolletschek, and T. Neuberger. 2012. Surveying the plant's world by magnetic resonance imaging. Plant Journal 70:129-146.
12. Busemeyer, L., D. Mentrup, K. Möller, E. Wunder, K. Alheit, V. Hahn, and A. Ruckelshausen. 2013. Breedvision, a multi-sensor platform for nondestructive field-based phenotyping in plant breeding. Sensors 13:2830-2847.

13. Calderon, R., J.A. Navas-Cortes, P.J. Lucena, and P.J. Zarco-Tejada. 2013. High-resolution airborne hyperspectral and thermal imagery for early detection of Verticillium wilt of olive using fluorescence, temperature and narrow-band spectral indices. Remote Sensing of Environment 139:231-245.
14. Chaerle, L., D. Hagenbeek, E. De Bruyne, and D. Van Der Straeten. 2007. Chlorophyll fluorescence imaging for disease-resistance screening of sugar beet. Plant Cell, Tissue and Organ Culture 91:97-106.
15. Chen, D., K. Neumann, S. Friedel, B. Kilian, M. Chen, T. Altmann, and C. Klukas. 2014. Dissecting the phenotypic components of crop plant growth and drought responses based on high-throughput image analysis. The Plant cell 26:4636-4655.
16. Comar, A., P. Burger, B. de Solan, F.D.R. Baret, F. Daumard, and J.O. Hanocq. 2012. A semi-automatic system for high throughput phenotyping wheat cultivars in-field conditions: description and first results. Functional plant biology:FPB 39:914-924.
17. Costa, J.M., O.M. Grant, and M.M. Chaves. 2013. Thermography to explore plant–environment interactions. Journal of Experimental Botany 64:3937-3949.
18. Dale, L.M., A. Thewis, C. Boudry, I. Rotar, P. Dardenne, V. Baeten, and J.A.F. Pierna. 2013. Hyperspectral imaging applications in agriculture and agrofood product quality and safety control: a review. Applied Spectroscopy Reviews 48:142-159.
19. Deery, D., J. Jimenez-Berni, H. Jones, X. Sirault, and R. Furbank. 2014. Proximal remote sensing buggies and potential applications for field-based phenotyping. Agronomy 4:349-379.
20. Deery, D.M., G.J. Rebetzke, J.A. Jimenez-Berni, R.A. James, A.G. Condon, W.D. Bovill, P. Hutchinson, J. Scarrow, R. Davy, and R.T. Furbank. 2016. Methodology for high-throughput field phenotyping of canopy temperature using airborne thermography. Front Plant Sci 7:1808.
21. Fernie, A.R. and J. Yan. 2019. De Novo Domestication: An Alternative Route toward New Crops for the Future. Molecular plant 12:615-631.
22. Fiorani, F. and U. Schurr. 2013. Future scenarios for plant phenotyping. Annual review of plant biology 64, 267-291.
23. Furbank, R.T. and M. Tester. 2011. Phenomics--technologies to relieve the phenotyping bottleneck. Trends in plant science 16, 635-644.

24. Golzarian, M.R., R.A. Frick, K. Rajendran, B. Berger, S. Roy, M. Tester, and D.S. Lun. 2011. Accurate inference of shoot biomass from high-throughput images of cereal plants. Plant Methods 7, 2.
25. Gorbe, E. and A. Calatayud. 2013. Applications of chlorophyll fluorescence imaging technique in horticultural research: a review. Scientia Horticulturae 138, 24-35.
26. Gutierrez, M., M.P. Reynolds, and A.R. Klatt. 2010. Association of water spectral indices with plant and soil water relations in contrasting wheat genotypes. J Exp Bot 61, 3291-3303.
27. Houle, D., D.R. Govindaraju, and S. Omholt. 2010. Phenomics: the next challenge. Nature reviews Genetics 11, 855-866.
28. Hoyos-Villegas, V., J.H. Houx, S.K. Singh and F.B. Fritschi. 2014. Groundbased digital imaging as a tool to assess soybean growth and yield. Crop Science 54, 1756-1768.
29. Jones, H.G. and R.A. Vaughan. 2010. Remote sensing of vegetation: principles, techniques, and applications. (Oxford: Oxford University Press).
30. Kempthorne, D.M., I.W. Turner, J.A. Belward, S.W. McCue, M. Barry, J. Young, G.J. Dorr, J. Hanan, and J.A. Zabkiewicz. 2015. Surface reconstruction of wheat leaf morphology from three-dimensional scanned data. Functional plant biology : FPB 42, 444-451.
31. Li, L., Q. Zhang, and D. Huang. 2014. A review of imaging techniques for plant phenotyping. Sensors 14, 20078-20111.
32. Lin, S.Y., Y.K. Tu, S.C. You, Y.Y. Fu, and D.G. Lin. 2021. Application of Plant Phenomics Platform for Automatic Phenotyping in the Vegetable Crops. J Taiwan Agric Res 70, 11-23.
33. Neilson, E.H., A.M. Edwards, B.B. Blomstedt, B. Berger, B. Lindberg Møller, and R.M. Gleadow. 2015. Utilization of a high-throughput shoot imaging system to examine the dynamic phenotypic response to a C4 cereal crop plant to nitrogen and water deficiency over time. Journal of Experimental Botany 66, 1817-1832.
34. Paproki, A., X. Sirault, S. Berry, R. Furbank, and J. Fripp. 2012. A novel mesh processing based technique for 3D plant analysis. BMC plant biology 12, 63.
35. Pask, A.J.D., J. Pietragalla, D.M. Mullan, and M.P. Reynolds. 2012. Physiological breeding II: a field guide to wheat phenotyping. CIMMYT.

36. Pengelly, J.J., X.R.R, Sirault, Y. Tazoe, J.R. Evans, R.T. Furbank, and S. von Caemmerer. 2010. Growth of the C4 dicot Flaveria bidentis: photosynthetic acclimation to low light through shifts in leaf anatomy and biochemistry. Journal of Experimental Botany 61, 4109–4122.
37. Perez-Sanz, F., P.J. Navarro, and M. Egea-Cortines. 2017. Plant phenomics: an overview of image acquisition technologies and image data analysis algorithms. GigaScience 6, 1-18.
38. Porter, J.R. and S. Christensen. 2013. Deconstructing crop processes and models via identities. Plant, cell & environment 36, 1919-1925.
39. Reynolds, M.P., A.J.D. Pask, and D.M. Mullan. 2012. Physiological breeding I: interdisciplinary approaches to improve crop adaptation. CIMMYT.
40. Rossini, M., F. Fava, S. Cogliati, A. Meronia, A. Marchesi, C. Panigad, C. Giardino, M. Busetto, M. Migliavaccaa, S. Amaducci and R. Colombo. 2013. Assesing canopy PRI from airborne imagery to map water stress in maize. Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 86, 168-177.
41. Shi, C., L. Zhao, X. Zhang, G. Lv, Y. Pan, and F. Chen. 2019. Gene regulatory network and abundant genetic variation play critical roles in heading stage of polyploidy wheat. BMC plant biology 19, 6.
42. Soule, M. 1967. Phenetics of Natural Populations I. Phenetic Relationships of Insular Populations of the Side-Blotched Lizard. Evolution; international journal of organic evolution 21, 584-591.
43. Svensgaard, J., T. Roitsch, and S. Christensen. 2014. Development of a mobile multispectral imaging platform for precise field phenotyping. Agronomy 4, 322-336.
44. Tanabata, T., T. Shibaya, K. Hori, K. Ebana, and M. Yano. 2012. SmartGrain: high-throughput phenotyping software for measuring seed shape through image analysis. Plant physiology 160, 1871-1880.
45. Tester, M. and P. Langridge. 2010. Breeding technologies to increase crop production in a changing world. Science 327, 818-822.
46. Thomsen, A. and B. Schelde. 2010. Application of a canopy multisensor. In The 10th International Conference of Precision Agriculture (Denver, CO).
47. Tuberosa, R., N.C. Turner, and M. Cakir. 2014. Two decades of InterDrought conferences: are we bridging the genotype-to-phenotype gap? Journal of Experimental Botany 65, 6137-6139.

48. Wang, W., B. Vinocur, and A. Altman. 2003. Plant responses to drought, salinity and extreme temperatures: towards genetic engineering for stress tolerance. Planta 218, 1-14.
49. Woo, N.S., M.R. Badger, and B.J. Pogson. 2008. A rapid, non-invasive procedure for quantitative assessment of drought survival using chlorophyll fluorescence. Plant Methods 4, 27.
50. Xiao, Y., H. Liu, L. Wu, M. Warburton, and J. Yan. 2017. Genomewide association studies in maize: praise and stargaze. Mol Plant 10, 359-374.
51. Xie, C. and C. Yang. 2020. A review on plant high-throughput phenotyping traits using UAV-based sensors. Computers and Electronics in Agriculture 178, 1-10.
52. Xiong, X., L. Yu, W. Yang, M. Liu, N. Jiang, D. Wu, G. Chen, L. Xiong, K. Liu, and Q. Liu. 2017. A high-throughput stereoimaging system for quantifying rape leaf traits during the seedling stage. Plant Methods 13, 7.
53. Yao, X., N. Wang, Y. Liu, T. Cheng, Y.C. Tian, Q. Chen, and Y. Zhu. 2017. Estimation of wheat LAI at middle to high levels using unmanned aerial vehicle narrow-band multispectral imagery. Rem Sens 9, 1304.
54. Zhang, X. and X. Cai. 2011. Climate change impacts on global agricultural land availability. Environmental Research Letters 6, 014014.
55. Zuo, J. and J. Li. 2014. Molecular dissection of complex agronomic traits of rice: a team effort by Chinese scientists in recent years. Natl Sci Rev 1, 253-276.

第二節

農藝作物育種成果

增進環境調適能力與友善環境生產之水稻品種培育研究

吳東鴻[1]、賴牧謙[1]、劉祐廷[2]、簡禎佑[3]、李長沛[1]、鄭佳綺[4]、李誠紘[5]
楊智哲[2]、胡智傑[6]、廖勁穎[5]、陳繹年[1]、賴明信[1*]

[1]行政院農業委員會農業試驗所
[2]行政院農業委員會臺南區農業改良場嘉義分場
[3]行政院農業委員會桃園區農業改良場
[4]行政院農業委員會臺中區農業改良場
[5]行政院農業委員會臺東區農業改良場
[6]行政院農業委員會高雄區農業改良場
[*]通訊作者 E-mail：mhlai@tari.gov.tw

前言

水稻 (*Oryza sativa* L.) 為國人主要的糧食作物，生產面積達 27 萬公頃，稻米產業發展的興盛與否，攸關廣大農民生計及影響糧食安全甚鉅。臺灣地處熱帶與亞熱帶之間，夏季氣溫高且雨水充沛，一年可以種植兩期水稻。然而，近十年來因極端氣候的影響，異常的高溫、強降雨以及嚴重且不容易預測的病蟲害加劇水稻生產風險。稻熱病 (rice blast) 為稻熱病菌 (*Magnaporthe grisea*) 所引發之真菌性病害，好發於第一期作水稻栽培期間，由於第一期作高溫多濕的栽培環境，因此發病頻率高於二期作。根據統計，臺灣每年第一期作稻熱病受害面積約占稻作栽培面積的 7% - 24%。水稻白葉枯病 (bacterial blight) 係由黃單孢桿菌 (*Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*) 所引起之細菌性維管束病害，高溫多濕的環境利於病原菌的繁殖，強風使得葉片相互摩擦造成傷口易於病原菌的入侵，近年來在兩期作均普遍發生，一般以第二期作危害較為嚴重。每年發病面積將近 2 萬公頃，並且有逐年增加的趨勢。在非生物性逆境上，高溫逆境已成為水稻減產的主要原因之一，尤在抽穗開花時期對溫度極為敏感，當氣溫高於攝氏 35℃ 時會破壞花粉的活性，降低稔實率；夜間溫度的增加，導致植株呼吸作用加劇，穀粒充實不均，使得白堊質粒 (chalky kernels) 比率增加。臺灣氣溫的高溫期約於 6 至 8 月，正值第一期水稻抽穗與成熟時期，因此高溫危害又以第一期作較為嚴重。

上述生物性逆境危害，雖然可以採行藥劑防治，但防治時機掌握不易，推升生產成本；非生物性逆境所造成的損失，雖可透過栽培管理加以預防或改善，但也相對提高設備成本。據此，藉由分子標誌輔助選拔 (marker-assisted selection, MAS) 技術選育在全球暖化條件下仍具抗病性與耐高溫之水稻新品系，明確抗性

品系的抗性遺傳組成，進而堆疊抗性基因以延緩遺傳脆弱性的發生，乃最經濟有效的解決方法。

一、 強化水稻白葉枯病調適能力育種研究

(一) 針對不同白葉枯病抗性基因材料之抗性檢定

1. 試驗材料：本試驗材料係利用臺中在來 1 號 (Taichung native 1, TN1)、臺中秈 10 號 (Taichung sen 10, TCS10)、臺東 33 號 (Taitung 33, TT33)、臺南 11 號 (Tainan 11, TN11) 和臺農 71 號 (Tainung 71, TNG71) 等 5 個對照感病品種及 2012 年引進 IRRI 的 IRBB66 與 4 個已經導入抗病基因的品種進行白葉枯病抗性檢定(表一)。其中，IRBB6 帶有 *Xa4*/*xa5*/*Xa7*/*xa13*/*Xa21* 基因，TCS10-R (TCS199)帶有 *Xa4*/*Xa7*/*Xa21* 基因，TT33-R 帶有 *Xa4*/*xa5*/*xa13*/*Xa21* 基因，TN11-R 帶有 *xa5*/*xa13*/*Xa21* 基因，TNG71-R 帶有 *Xa4*/*xa5*/*Xa7*/*Xa21* 基因。感病品種 TN1 係國內長年進行白葉枯病檢定圃的對照品種，TCS10 為臺灣唯一的秈稻良質米品種，近年來和 TT33、TN11 與 TNG71 等 3 種稉稻良質米對白葉枯病的抗性皆大幅下降，因此選為感病對照品種。

表一、帶有不同抗白葉枯病基因之參試品系

Line	Gene	Line	Gene
IRBB66	*Xa4*/*xa5*/*Xa7*/*xa13*/*Xa21*	TN1	Control
TCS10-R (TCS199)	*Xa4*/*Xa7*/*Xa21*	TCS10	Control
TT33-R	*Xa4*/*xa5*/*xa13*/*Xa21*	TT33	Control
TN11-R	*xa5*/*xa13*/*Xa21*	TN11	Control
TNG71-R	*Xa4*/*xa5*/*Xa7*/*Xa21*	TNG71	Control

2. 試驗方法：白葉枯病檢定

(1) 露天試驗：於 110 年在農業試驗所、臺南區農業改良場、臺中區農業改良場、高雄區農業改良場、臺東區農業改良場、花蓮區農業改良場與桃園區農業改良場進行 1 年兩期作試驗，每個材料種植 3 行，每行 10 株，2 重複，以完全隨機設計 (CRD) 排列於田區。

(2) 接種菌株：以農試所提供培養本土白葉枯病之菌系 XE2、XF116 與 XF135 等三菌株，利用 IRRI 之水稻白葉枯病抗性檢定標準流程，於分蘗盛期 (插秧後 55-60 天)，將剪刀沾菌液以剪葉法接種於每株稻葉上，每行分別接種不同菌株。

(3) 抗感性調查：接菌 3 週後或當臺中在來 1 號病斑感染葉片四分之三長度至完

全感染時，進行各品系罹病長度 (lesion length) 及葉片長度調查，每品系每菌株調查 5 株水稻，每株水稻調查 3 片葉。

3. 抗性檢定結果

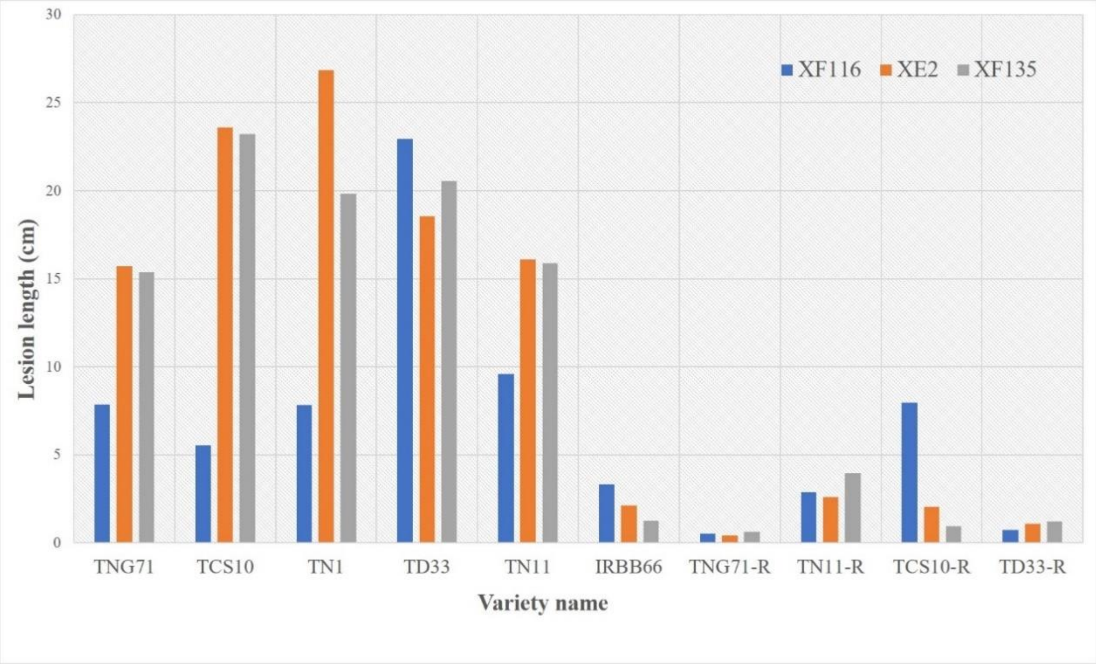
第 1 期作檢定結果顯示，TNG71、TCS10、TN1、TT33 及 TN11 對三個菌種皆無明顯抗性，罹病長度皆大於 5 公分；反觀，帶有抗性基因之材料 IRBB66、TNG71-R、TN11-R、TCS10-R 及 TT33-R 皆具有良好白葉枯病抗性，除了 TCS10-R 在 XF116 之平均罹病長度大於 5 公分之外，其餘材料之平均罹病長度皆小於 5 公分 (圖一、圖二)。

圖一、白葉枯病 XE2 菌種葉片抗性試驗結果。

圖二、110 年 1 期作露天白葉枯病菌株之抗性檢定結果。

(二) 導入抗性基因改良國內推廣品種

目前已知的水稻白葉枯病抗性基因有 40 個以上，分別為 *Xa1* 至 *Xa47*，對臺灣國內流行菌株具有穩定單一抗性的基因座係 *Xa4*、*xa5*、*Xa7* 及 *Xa21* 等，依據 IRRI 之建議，堆疊多個抗性基因可以顯著提升水稻對白葉枯病之抗性。堆疊 3



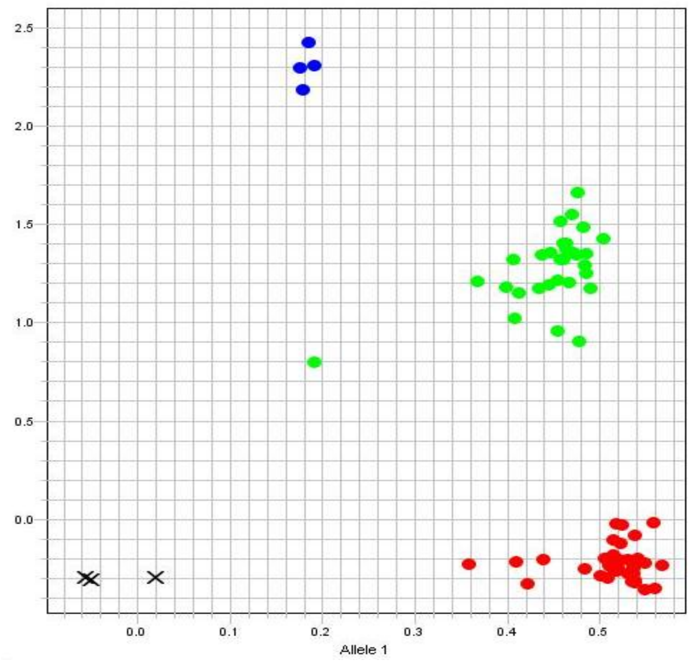
個以上抗性基因的品系確實對國內流行菌株具有廣幅且穩定之抗性。因此，本次試驗之目的係為至少導入 3 個以上之抗性基因至國內推廣品種中。

本次試驗利用 MAS 技術選拔抗白葉枯病材料，以臺中秈 10 號、臺稉糯 3 號 (Taikeng Glutinous 3, TKW3)、花稉育 202 號、花稉育 203 號、高雄 139 號及臺中秈糯 2 號 (Taichung Sen glutinous 2, TCSW2) 等國內推廣品種為母本，與 IRRI 已育成具白葉枯病抗性基因之導入系 IRBB62 或 IRBB66 進行至少 3 次之回交 (backcross)，配合 IRRI 與農試所提供之分子標誌 (如 SNP、InDel、M5、STS 等)，於 BC_1 世代開始進行前景選拔多個抗性基因堆疊之目標個體，並在 BC_3、BC_4 世代開進行背景選拔評估輪迴親回復率，將目標基因導入以改良國內推廣品種。

110 年 1 期作分別建立 TCSW2/CSY062036 (TCS10*3/TCS10/IRBB62)、TCSW2/TCS199 (TCS10*3/TCS10/IRBB62)、TCSW2/CSY062044 (TCS10*3/TCS10/IRBB62)、高雄 139/IRBB66、花稉育 202/IRBB66、花稉育 203/IRBB66、TKW3/(TN11*2/TN11/IRBB66) 及 TKW3/(TN11*2/TN16/TN11/IRBB66)等 8 個雜交組合 (F_1) 與 TCS10/IRBB66、TCS10/(TN11*2/TN11/IRBB66) 及 TCS10/(TN11*2/TN16/ TN11/IRBB66) 等 3 個回交組合 (BC_1F_1)。8 個雜交組合方面，110 年 2 期作分別培育此 8 個雜交 F_1 族群共 220 株個體，於苗期利用 M5、STS 等分子標誌檢測 *Xa4*、*xa5*、*Xa7*、*xa13* 及 *Xa21* 等抗性基因，檢測結果剔除感病同質結合體 (homozygous) 後，於抽穗開花期進行第一次回交操作及收集雜交種子。3 個回交組合方面，110 年 1 期作於苗期同樣利用 SNP 分子標誌進行抗性基因 (*Xa4*、*xa5*、*Xa7*、*xa13* 及 *Xa21*) 的前景選拔。以 *xa13* 抗病基因為例，以 SNP 分子標誌選能有效將 TCS10 (感病基因型) 與 *xa13* 抗病基因之 3 種基因型明確分成 3 群 (圖三)。檢測 5 個抗白葉枯病基因後，結果剔除不具有抗病基因之同質結合體族群達 300 株以上。

(三) 白葉枯病抗性基因導入系高級產量比較試驗

1. 試驗材料：本次試驗係利用臺東 33 號抗白葉枯病近同源系 (near iso-genic lines, NILs) 3 個 (TKY1081311、TKY1081334、TKY1081336)，其皆帶有 *Xa4*、*xa5*、*xa13* 及 *Xa21* 共 4 個白葉枯病抗性基因，對照組為臺稉 9 號 (Taiken 9, TK9)。
2. 試驗方法：於 110 年 1 期作在臺東區農業改良場進行高級產量比較試驗 (advanced yield trial)，4 重複，4 行區，每行 12 株，行株距 20×30 公分，以完全隨機設計 (CRD) 排列於田區 (圖四)。試驗的肥料施用量為氮素(N)、磷酐 (P_2O_5)、氧化鉀 (K_2O) 分別為每公頃 120、60、60 公斤，病蟲害防治及其他田間管理，則依照一般慣行方式實施。



圖三、*xa13* 抗白葉枯病基因以 SNP 分子標誌鑑定結果。其中，紅色點代表無抗病基因之 TCS10 同質結合個體，綠色點代表異質結合個體，藍色點代表帶有抗病基因之 IRBB66 同質結合個體。

圖四、高級產量比較試驗田區配置。

3. 性狀調查：於水稻成熟期分別調查稻穀產量 (yield)、株高 (plant height)、單位面積穗數 (number of panicles per hill)、穗長 (panicle length)、每穗粒數 (number of spikelets per panicle)、千粒重 (1000-grain weight) 及稔實率 (fertility) 等農藝性狀。
4. 試驗結果：臺東 33 號利用 MAS 導入 *Xa4*、*xa5*、*xa13* 及 *Xa21* 共 4 個白葉

枯病抗性基因，歷經多代選拔出 3 個 NILs，與臺梗 9 號於 110 年 1 期作進行高級產量比較試驗，結果如表二所示。產量方面，TKY1081311、TKY1081334、TKY1081336 及 TK9 平均產量分別為 6,405.5、5,461.5、5,689.4 及 6,205.2 kg ha^{-1}。與對照組 TK9 相比，TKY1081311 增產 3.2%；TKY1081334、TKY1081336 則是分別減產 11.9% 與 8.3%。單位面積穗數方面，TKY1081311、TKY1081334、TKY1081336 及 TK9 分別為 20.8、20.1、19.8 及 19.6。與對照組 TK9 相比，TKY1081311、TKY1081334 和 TKY1081336 分別增加 6.1%、2.6% 與 1%。千粒重方面，TKY1081311、TKY1081334、TKY1081336 及 TK9 平均千粒重分別為 28.5、26.8、25.2 及 25.9 公克，與對照組 TK9 相比，TKY1081311 和 TKY1081334 分別增重 10% 與 3.5%；反之，TKY1081336 則是減重 2.7%。整體而言，以 TKY1081311 在各產量構成要素表現最為優異，因此被選出參加下一期作之區域試驗。

表二、在高級產量比較試驗之農藝性狀、產量及產量構成要素表現

Crop season	Variety	Yield (kg/ha)	Plant height (cm)	Number of panicles per hill	Panicle length (cm)	Number of spikelets per	1000-grain weight (g)	Fertility (%)
First crop season	TKY1081311	6405.5 ± 252.4[a]	98.4 ± 0.8	20.8 ± 0.7	17.5 ± 0.2	72.4 ± 3.2	28.5 ± 0.9	83.3 ± 2.9
	TKY1081334	5431.5 ± 251.6	94.8 ± 1.1	20.1 ± 0.6	18.5 ± 0.3	89.5 ± 1.8	26.8 ± 0.1	78.9 ± 3.9
	TKY1081336	5689.4 ± 313.9	104.3 ± 1.1	19.8 ± 0.7	20.5 ± 0.2	91.8 ± 1.7	25.2 ± 0.6	74.4 ± 3.4
	TK9	6205.2 ± 303.5	102.1 ± 1.1	19.6 ± 0.6	16.7 ± 0.2	90.4 ± 2.4	25.9 ± 1.2	87.9 ± 3.8

[a] Mean ± standard error of mean.

二、 水稻抗稻熱病品種選育

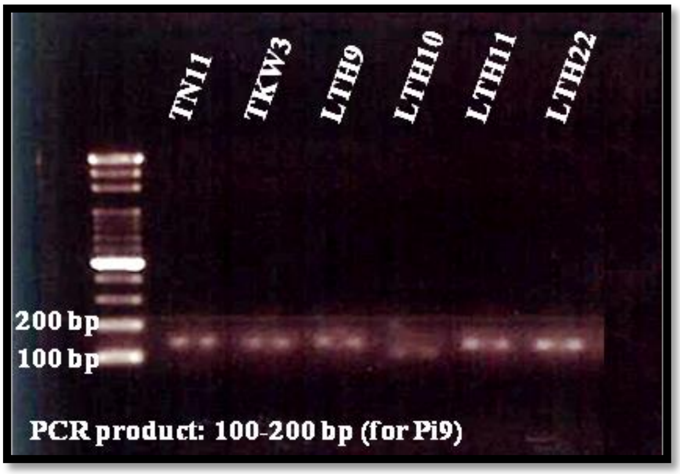
(一) 建立水稻抗稻熱病 SNP 分子標誌篩選平台

隨著分子生物技術進展，目前水稻基因組中已知的稻熱病抗性基因 (R genes) 至少有 100 個，其中已被選殖 (cloned) 出的抗性基因至少有 24 個，如 *Pib*、*Pita*、*Pit*、*Pi9*、*Pi5* 及 *Pish*。針對已選殖之抗性基因開發功能性標誌 (functional marker) 或連鎖性標誌 (linkage marker)，利用分子標誌輔助回交育種 (marker-assisted backcrossing, MAB) 進行抗病品種選育，可精準地追蹤回交族群中帶有目標抗性基因之子代，且不易受環境因子所干擾。

本次試驗利用聚合酶連鎖反應 (polymerase chain reaction, PCR) 及電泳分析來進行基因型檢測，目標為設計出可鑑別稻熱病抗性基因 *Pish* 和 *Pi9* 與栽培品種臺南 11 號 (TN11)、臺南 16 號 (TN16)、臺稉糯 3 號 (TKW3) 與臺農 84 號 (TNG84) 的分子標誌。首先，為了確認目標序列是否存在於麗江新團黑穀 (Lijanxintuanheigu, LTH) 單基因系 (monogenic lines) 與栽培品種中，於 NCBI

網站上搜尋稻熱病抗性基因 *Pish* 和 *Pi9* 之目標序列，得知 *Pish* 和 *Pi9* 之目標基因序列大小為 1,312 bp 與 100-200 bp 之間，並依此設計引子 (primer sequences)。PCR 結果顯示，抗性基因 *Pish* 方面，6 個品系 (TN11、TN16、TKW3、TNG84、LTH16、LTH17) 之目標 PCR 產物大小皆落在 1k bp 區間內；抗性基因 *Pi9* 方面，6 個品系 (TN11、TKW3、LTH9、LTH10、LTH11、LTH22) 之目標 PCR 產物大小皆落在 100-200 bp 區間內，兩個 PCR 結果皆符合預期 (圖五、圖六)。現已完成 *Pish* 和 *Pi9* 篩選位點之目標序列片段定序，目前正在進行 SNP 分子標誌之設計。

圖五、抗性基因 *Pish* 目標序列 PCR 檢測結果。



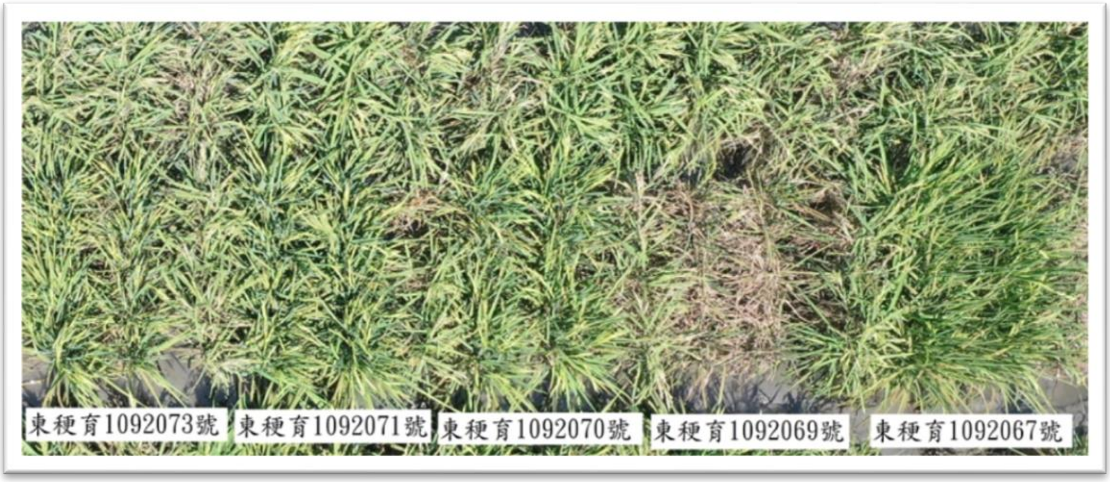
圖六、抗性基因 *Pi9* 目標序列 PCR 檢測結果。

(二) 抗稻熱病品系初級產量比較試驗

1. 試驗材料：本次試驗係利用臺東 33 號抗稻熱病近同源系 3 個 (東稉育 1092073 號、東稉育 1092071 號、東稉育 1092070 號)，其帶有 *Pita-2* 共 2 個

稻熱病抗性基因，對照組為臺稉 9 號 (TK9)。

2. 試驗方法：於 110 年一期作在臺東區農業改良場進行初級產量比較試驗，2 重複，5 行區，每行 15 株，行株距 30×21 公分，小區面積 4.73 m^2，以完全隨機設計 (CRD) 排列於田區 (圖七)。試驗的肥料施用量為氮素(N)、磷酐(P_2O_5)、氧化鉀 (K_2O) 分別為每公頃 120、60、60 公斤，病蟲害防治及其他田間管理，則依照一般慣行方式實施。



圖七、初級產量比較試驗田區配置。

3. 性狀調查：於水稻成熟期分別調查稻穀產量 (yield)、株高 (plant height)、全生育日數 (growth duration)、分蘗數 (number of tillers) 等農藝性狀。
4. 試驗結果：臺東 33 號利用 MAS 導入 *Pita-2* 共 2 個稻熱病抗性基因，歷經多代選拔出 3 個 NILs，與臺梗 9 號於 110 年一期作進行高級產量比較試驗，結果如表三所示。全生育日數方面，東稉育 1092073 號、東稉育 1092071 號、東稉育 1092070 號與臺稉 9 號皆為 127 天。分蘗數方面，3 個抗稻熱病 NILs 中以東稉育 1092071 號之分蘗數最多 (19.1)，東稉育 1092070 號最少 (17.2)。平均產量方面，3 個抗稻熱病 NILs 中以東稉育 1092071 號最高 (5,305 kg ha^{-1})，東稉育 1092070 號最低 (5,090 kg ha^{-1})。整體而言，以東稉育 1092071 號在各產量構成要素表現最為優異，雖然產量未超過臺稉 9 號，但可以調整栽培模式，如透過減少前期氮肥的施用量，抑制過度分蘗使穗型增大，仍不失為提高產量之方法。因此，推薦參加下一期作之中級產量比較試驗。

表三、臺東場 110 年一期作梗稻初級產量比較試驗

品種(系)	全生育日數 (days)	株高(cm)	分蘗數 (No.)	平均產量 (kg/ha)	產量指數 (%)
東稉育 1092070 號	127	81.2	17.2	5,090	80.6
東稉育 1092071 號	127	87.0	19.1	5,305	84.0
東稉育 1092073 號	127	86.1	18.3	5,240	83.0
臺稉 9 號(CK)	127	102.1	19.7	6,315	100.0

(三) 抗稻熱病品系高級產量比較試驗

1. 試驗材料：本次試驗係利用臺東 33 號抗稻熱病 NILs 3 個 (東稉育 1091021 號、東稉育 1091024 號、東稉育 1091045 號)，其帶有 Pita-2 共 2 個稻熱病抗性基因；與高雄 148 號抗稻熱病 NILs 8 個 (高雄育 5491 號、高雄育 5496 號、高雄育 5497 號、高雄育 5576 號、高雄育 5589 號、高雄育 5593 號、高雄育 5597 號、高雄育 5603 號)，其帶有 Pita-2、Pik-h、Pi9、Piz-5、Pi20、Pi1 共 6 個稻熱病抗性基因。對照組為皆為臺稉 9 號 (TK9)。
2. 試驗方法：於 110 年一期作分別在臺東區農業改良場和高雄區農業改良場進行高級產量比較試驗，4 重複，5 行區，行株距 30×21 公分，小區面積 6.3 m2，以完全隨機區集設計 (RCBD) 排列於田區。臺東區場與高雄場的試驗肥料施用量為氮素(N)、磷酐 (P2O5)、氧化鉀 (K2O) 分別為每公頃 120-60-60 與 140-54-72 公斤，病蟲害防治及其他田間管理，則依照一般慣行方式實施。
3. 性狀調查：於水稻成熟期分別調查稻穀產量 (yield)、株高 (plant height)、全生育日數 (growth duration)、分蘗數 (number of tillers) 等農藝性狀。
4. 試驗結果：臺東場方面，臺東 33 號利用 MAS 導入 Pita-2 共 2 個稻熱病抗性基因，歷經多代選拔出 3 個 NILs，與臺稉 9 號於 110 年 1 期作進行高級產量比較試驗，結果如表四所示。全生育日數方面，東稉育 1091021 號、東稉育 1091024 號、東稉育 1091045 號與臺稉 9 號皆為 127 天。分蘗數方面，3 個抗稻熱病 NILs 中以東稉育 1091021 號之分蘗數最多 (24.3)，東稉育 1091024 號最少 (21.5)。平均產量方面，3 個抗稻熱病 NILs 中以東稉育 1091021 號最高 (8,110 kg ha-1)，東稉育 1091024 號最低 (7,373 kg ha-1)。整體而言，以東稉育 1091021 號在各產量構成要素表現最為優異，因此推薦參加下一期作之區域試驗。高雄場方面，以高雄 145 號利用 MAS 導入 Pita-2、Pik-h、Pi9、Piz-5、Pi20、Pi1 共 6 個稻熱病抗性基因，歷經多代選拔出 8 個 NILs，與臺稉 9 號於 110 年一期作進行高級產量比較試驗，結果如表五所示。全生育日數方面，高雄育 5491 號、高雄育 5496 號、高雄育 5497 號、高雄育 5576 號與高雄育 5589 號皆為 118 天；高雄育 5597 號和高雄育 5603 號為 120 天，高雄育 5593

號為 117 天，臺稉 9 號為 116 天。分蘗數方面，8 個抗稻熱病 NILs 中以高雄育 5496 號之分蘗數最高 (23.1)，高雄育 5597 號最低 (17.7)。平均產量方面，8 個抗稻熱病 NILs 中以高雄育 5576 號最高 (6,168 kg ha-1)，高雄育 5593 號最低 (4,750 kg ha-1)。整體而言，以高雄育 5576 號在各產量構成要素表現最為優異，因此推薦參加下一期作之區域試驗。

表四、臺東場 110 年一期作稉稻高級產量比較試驗

品種(系)	全生育日數 (days)	株高(cm)	分蘗數 (No.)	平均產量 (kg/ha)	產量指數 (%)
東稉育 1091021 號	127	91.1	24.3	8,110	101.9
東稉育 1091024 號	127	92.3	21.5	7,373	92.7
東稉育 1091045 號	127	103.8	22.4	7,760	97.5
臺稉 9 號(CK)	127	101.9	20.4	7,955	100.0

表五、高雄場 110 年一期作稉稻高級產量比較試驗

品種(系)	全生育日數 (days)	株高 (cm)	分蘗數 (No.)	平均產量 (kg/ha)	產量指數 (%)
高雄育 5491 號	118	77.8	22.5	5,056	94.0
高雄育 5496 號	118	79.0	23.1	5,765	107.2
高雄育 5497 號	118	80.4	22.0	5,223	97.2
高雄育 5576 號	118	79.1	18.6	6,168	114.7
高雄育 5589 號	118	79.0	21.0	5,043	93.8
高雄育 5593 號	117	78.2	18.6	4,750	88.3
高雄育 5497 號	120	84.5	17.7	5,570	103.6
高雄育 5603 號	120	83.7	18.6	4,809	89.5
臺稉 9 號(CK)	116	83.7	22.3	5,376	100.0

(四) 抗稻熱病品系區域產量比較試驗

1. 試驗材料：本次試驗係利用桃園 3 號抗稻熱病 NILs 3 個 (桃園育 1062013 號、桃園育 1062040 號、桃園育 1081039 號)，其帶有 *Pita-2*、*Pik-m*、*Pi9* 共 3 個稻熱病抗性基因；與高雄 148 號抗稻熱病 NILs 1 個 (高雄育 5573 號)，其帶有 *Pi7* 共 1 個稻熱病抗性基因。對照組為為臺稉 9 號 (TK9) 和臺稉 11 號 (TK11)。
2. 試驗方法：於 110 年一期作分別在桃園區和高雄區農業改良場進行區域產量比較試驗，4 重複，5 行區，每行 20 株，行株距 30×21 公分，小區面積 6.3 m^2，

以完全區集隨機設計 (RCRD) 排列於田區。試驗的肥料施用量為氮素 (N)、磷酐 (P_2O_5)、氧化鉀 (K_2O) 分別為每公頃 120-98-92 與 140-54-72 公斤，病蟲害防治及其他田間管理，則依照一般慣行方式實施 (圖八)。

圖八、桃園場區域產量比較試驗田區配置。

3. 性狀調查：於水稻成熟期分別調查稻穀產量 (yield)、株高 (plant height)、全生育日數 (growth duration)、分蘖數 (number of tillers) 等農藝性狀。
4. 試驗結果：桃園場方面，桃園 3 號利用 MAS 導入 *Pita-2*、*Pik-m*、*Pi9*、*Pi20*、*Pi7*、*Pi5*、*Pik-s*、*Piz*、*Piz-5* 共 9 個稻熱病抗性基因，歷經多代選拔出 3 個 NILs，與臺稉 9 號及臺稉 11 號於 110 年一期作進行區域產量比較試驗，結果如表六所示。產量指數方面，3 個抗稻熱病 NILs 皆達 95% 以上 (98.9%、98.7%、97.3%)，各產量構成要素皆和對照組 (CK) 相近。高雄場方面，高雄育 5573 號產量指數達 97.2%，其他產量構成要素也和對照組臺稉 9 號相近。參照以上結果，可以考慮進行品種權申請。

表六、桃園場 110 年一期作梗稻區域產量比較試驗

品種(系)	全生育日數 (days)	株高 (cm)	分蘗數 (No.)	平均產量 (kg/ha)	產量指數 (%)
109 年早熟組					
桃園育 1062013 號	120	91.4	22.9	5,295	98.9
臺稉 11 號(CK)	116	87.0	24.8	5,356	100.0
109 中晚熟組					
桃園育 1062040 號	125	87.0	24.0	5,352	98.7
臺稉 9 號(CK)	124	97.5	23.8	5,424	100.0
110 中晚熟組					
桃園育 1081039 號	122	95.1	25.4	5,410	97.3
臺稉 9 號(CK)	124	101.7	21.0	5,558	100.0

表七、高雄場 110 年一期作梗稻區域產量比較試驗 (110 中晚熟組)

品種(系)	全生育日數 (days)	株高 (cm)	分蘗數 (No.)	平均產量 (kg/ha)	產量指數 (%)
高雄育 5573 號	119	88.6	20.0	5,875	97.2
臺稉 9 號(CK)	121	98.8	17.0	6,047	100.0

(五) 針對 5 種不同致病型稻熱病代表菌株進行抗性評估

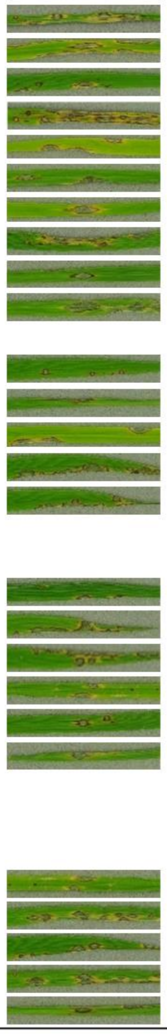
稻熱病抗性檢定是水稻抗病育種的的基礎工作，歷年資料的彙整與統計分析，除了可作為抗病育種材料篩選的依據，亦有助於瞭解病原、寄主植物與環境之三角關係 (disease triangle)，並依據調查結果來擬訂後續抗病育種方針。本次試驗以臺灣 5 種不同病原型稻熱病菌代表菌株 (LY3a2-1805、YUL4a3、EM1a1-1903、SX3a1-1905、GOGU3a2-1905) 於農試所溫室對 35 個新育成品系進行抗性檢定，將新育成品系稻種消毒催芽後，播種於穴盤中(每穴 10 顆稻種)，待株齡約 4 葉齡時每品系接種 1 ml 單一菌株孢子懸浮液(濃度 10^5 孢子/ml)，接種後之植株於濕室保溼 3 天再移入溫室，接種後第 7 天調查各新育成品系每株植株之罹病等級進行抗性評估。

110 年一期作水稻 35 個新品系接種稻熱病菌株罹病情形如圖九所示。試驗結果顯示，桃園育 108210 號、桃園育 108213 號、桃園育 108216 號、高雄育 5491 號、高雄育 5589 號、高雄育 5593 號、南稉育 1071022 號、南稉育 1081040 號、南稉育 1071206 號等 9 個品系對 5 種病原性菌株呈現完全抗性 (R) 反應，與原親本相較顯著提升抗病能力，為最具應用潛力之品系；而桃園育 108240 號、高

雄育 5597 號、南稉育 1091050-2 號等 3 個品系只對 1 種病原性菌株表現中度感病性 (MS) 反應，應用潛力可再進一步評估。反之，桃園育 108228 號及桃園育 108295 號 2 個品系抗性表現最差，對至少 3 種以上菌株表現感病性 (S) 反應，完全不具稻熱病抗性品系推廣應用價值；其餘 16 個品系至少對 2 種以上菌株表現中度感病性或 1 種以上菌株表現感病性反應，均具抗性崩潰風險，亦不建議列為抗性品系推廣應用選擇參考。

圖九、110年水稻 35 個新品系接種稻熱病菌株罹病情形。其中，R：抗性；S：感性；MS：中度感病性。依據稻熱病病斑型區分為罹病等級 0 到 5 級，

品系	Rice blast isolate					病徵
	LY3a2-1805	YUL4a3-1805	EM1a1-1903	SX3a1-1905	GOGU3a2-1905	
桃園育108210號	R	R	R	R	R	
桃園育108213號	R	R	R	R	R	
桃園育108216號	R	R	R	R	R	
桃園育108228號	R	S	S	R	S	
桃園育108236號	R	R	R	S	R	
桃園育108240號	R	MS	R	R	R	
桃園育108251號	R	R	MS	S	R	
桃園育108267號	MS	S	R	MS	MS	
桃園育108272號	R	S	MS	MS	MS	
桃園育108279號	R	R	S	S	R	
桃園育108282號	R	R	S	S	R	
桃園育108295號	S	S	S	S	S	
桃園3號(CK)	S	S	MS	S	S	
高雄育5491	R	R	R	R	R	
高雄育5496	R	R	MS	S	R	
高雄育5497	R	R	MS	MS	MS	
高雄育5508	R	R	R	R	S	
高雄育5573	R	R	S	S	R	
高雄育5576	R	R	S	S	R	
高雄育5589	R	R	R	R	R	
高雄育5593	R	R	R	R	R	
高雄育5597	R	R	MS	R	R	
高雄育5605	R	R	S	S	R	
高雄145號	R	S	S	S	S	
南稉育1091050-2號	R	R	R	MS	R	
南稉育1092009號	R	R	MS	MS	R	
南稉育1071072號	R	MS	R	MS	R	
南稉育1071022號	R	R	R	R	R	
南稉育1081040號	R	R	R	R	R	
南稉育1071206號	R	R	R	R	R	
臺中秈10號(CK)	MS	R	MS	R	R	
臺南11號(CK)	MS	S	S	S	R	
臺南14號(CK)	R	R	S	S	S	
臺稉糯3號(CK)	R	MS	S	S	R	
臺南16號(CK)	R	R	S	S	S	



0－2 級為抗病性反應 (R)，3級為中度感病性反應 (MS)，4－5 級為感病性反應 (S)。

(六) 設置稻熱病圃對水稻高級試驗以上品系進行稻熱病抗性評估

稻熱病依據不同生長時期罹病的部位，可以區分成最高分蘗期罹患的葉稻熱病 (leaf blast)，以及抽穗期罹患的穗稻熱病 (panicle blast)。某些品系對於葉稻熱病具有恢復生長的能力，對產量影響不大；反之，若罹患穗稻熱病導致稻穗白化不稔，會對後續產量造成極大的損失。稻熱病防治方法有藥劑防治與種植抗病品種，其中以種植抗病品種的防治成本較低，對環境也最為友善。其中，設置稻熱病病圃 (paddy nursery) 乃育成抗病品種不可或缺之步驟，其檢定結果除了能作為育種研究者選拔品系之依據，亦能提供有價值之流行病學資訊。

本次試驗由臺東區農業改良場與桃園區農業改良場負責，分別於臺東關山與新竹縣峨眉地區設置稻熱病水田病圃，並個別針對各場試所提供的 167 個、34 個初級或高級產量試驗品系進行稻熱病抗性評估。

臺東場中，葉稻熱病檢定結果方面，R 級 (抗) 有嘉農育 1072003 等 18 個品系，占 10.8%；MR 級 (中抗) 有中秈育 21185 等 56 個品系，占 33.5%；MS 級 (中感) 有桃園育 10620613 等 22 個品系，占 13.2%；S 級 (感) 有中秈育 21290 等 52 個品系，占 31.1%；HS 級 (極感) 有中秈育 21148 等 19 個品系，占 11.4%。穗稻熱病結果方面，HR 級有 NKY1091050-1 等 12 個品系，占 7.2%；R 級有高雄育 5508 等 9 個品系，占 5.4%；MR 級有南秈育 1071072 等 31 個品系，占 18.6%；MS 級有桃園育 10620640 號等 19 個品系，占 11.4%；S 級有桃園育 10620613 等 22 個品系，占 13.2%；HS 級有中秈育 21185 等 74 個品系，占 44.3%。

桃園場方面，檢定 34 個桃園 3 號衍生之抗稻熱病基因 NILs，綜整 2 次調查結果 (表八、表九)，計有桃園育 108206 號等 22 個品系顯示為 R 級占 64.7%，僅 1 個品系 (桃園育 108245 號) 顯示為 MR 級占 2.9%，桃園育 108228 號等 5 個品系顯示為 MS 級占 14.7%，桃園育 108295 號等 6 個品系顯示為 S 級占 17.6%。對照品種桃園 3 號為 S 級、臺農 84 號為 R 級，試驗區外農民所種植越光亦為 S 級。由以上檢定結果可以得知，桃園 3 號導入 *Pita2*、*Pikm*、*Pi12*、*Pi9*、*Pi7*、*Piks* 及 *Piz5* 等對偶基因之抗稻熱病近同源系，可在此環境表現較佳的抗病性。

表八、新竹縣峨眉地區葉、穗稻熱病抗性檢定結果

罹病度	峨眉葉稻熱病		峨眉穗稻熱病	
	品系數	百分比	品系數	百分比
極抗 HR	9	26.5	12	35.3
抗 R	13	38.2	10	29.4
中抗 MR	1	2.9	1	2.9
中感 MS	5	14.7	4	11.8
感 S	6	17.6	0	0.0
極感 HS	0	0.0	7	20.6

表九、稻熱病抗病品系葉、穗稻熱病抗性檢定結果

品系	峨眉葉稻熱病				峨眉穗稻熱病			
	I	II	罹病度		I	II	罹病度	
桃園育1062013號	3	1	3	抗	1	3	3	抗
桃園育1062040號	1	1	1	極抗	0	0	0	極抗
桃園育1081039號	3	3	3	抗	1	1	1	抗

三、 高溫逆境適應性水稻參與式育種

(一) 水稻多交族群耐高溫品系純化與選拔

水稻雖屬熱帶及亞熱帶作物，但在抽穗開花期對溫度甚為敏感，當氣溫超過35℃ 對稔實率影響甚鉅，高溫對產量、稔實率之影響花粉的活性，夜間的溫度提升，使植株呼吸作用加劇，造成水稻產量及品質的下降。臺灣近年來水稻栽培地區氣溫的上升，導致米質呈現不穩定的現象，且第一期作由於生育後期的高溫導致未熟的白堊質粒比率普遍高於第二期作。前人研究指出，氣候暖化將使得臺灣北部水稻栽植區有明顯減產情形，中南部則有些微增產，惟臺灣全區之平均值則仍然呈現減產，預估於2050年及2080年分別減產 4.7% 及 7% (Yao and Chen, 2009)。然而，由於品種間遺傳背景的不同，稉稻品種高溫敏感及耐受性的溫度差異約 3℃，提供了高溫耐性的選擇與利用性 (Matsui *et al*., 2001)。

本次試驗分別於農業試驗所與高雄區農業改良場進行，利用高溫篩選圃分別於高雄場篩選農業試驗所提供之臺灣多交後代12個品系 (T-MAGIC) (由臺灣主要推廣品種臺南11號、臺農84號、高雄145號、臺稉9號、臺農77號、臺稉14號、852T034、TNGY942001等8個親本的完全雜交組合，經過5代選拔)、IRRI耐熱多交品系24個及本場高級品系18個及初級品系28個，也於農試所篩選多交族群T-MAGIC繁殖之208個品系。以糙米之外觀與稔實率為篩選準則，外觀方面，優

於高雄145號為1級，與高雄145號同為2級，糙米外觀介於高雄145號級臺稉9號之間為3級，與臺稉9號同為4級，劣於臺稉9號同為5級。稔實率方面，以目視進行記錄。

經過110年一期作之高溫逆境篩選，農試所方面，篩選出54個多交品系進入下一期作之產量比較試驗；高雄場方面，篩選出42個品系進入下一期作之產量比較試驗及高溫逆境評估。其中，臺灣稉稻多交族群 (T-MAGIC) 中TMG532糙米外觀顯著優於高雄145號，為後續優良品系選拔之重點篩選目標。

表十、高雄場臺灣稉稻多交族群 (T-MAGIC) 於耐熱篩選設施內表現情形

No.	108-2	106-1	稔實率(%)		糙米外觀等級	
			2020	2021	2020	2021
1	17	TMG 261	20	90	5	5
2	20	TMG 403	25	80	5	5
3	23	TMG 532	60	80	5	1.75
4	27	TMG 1128	60	85	5	4
5	30	TMG 1217	50	90	5	4
6	56	TMG 1529	85	90	5	5
7	76	TMG 1713	35	85	5	4.5
8	78	TMG 1713	45	80	5	4.5
9	85	TMG 1821	40	85	5	5
10	127	TMG 2153	60	85	5	5
11	161	TMG 2375	80	90	5	4
12	163	TMG 2380	60	-	5	3.5

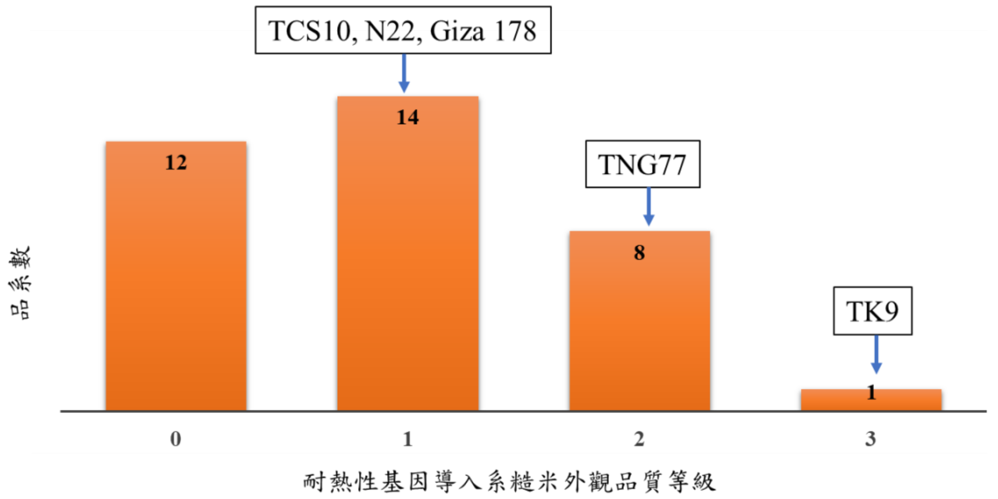
(二) 水稻耐高溫品系分子標誌輔助選拔與米質評估

在高溫逆境下，穀粒大小對稻米外觀品質具有決定性的影響，研發適應臺灣氣象環境之稉稻選拔指標，如長寬比大於 2 之粒型等特性，對於日後耐高溫理想型之育種選拔至關重要。根據前人研究，高溫下仍具高稔實率之水稻種原 N22之相關耐性基因已獲得定位 (*qHTSF4.1*)。於前期計畫中，已建立相關分子標誌篩選技術，並導入至國內稉稻及秈稻品種，本期作將繼續完成 *qHTSF4.1* 之分子標誌輔助選拔。

本次試驗以臺稉9號 (TK9)、台農77號(TNG77)、台中秈10號(TCS10)為輪迴親，針對回交世代BC_4F_6中35個耐熱性基因導入系TK9/N22、TNG77/N22、TCS10/N22、TNG77/GIZA178、TN11/GIZA 178、TNG77/RI 252，利用 MAS 進行背景選拔，試驗材料於110年 一期作分別種植於農試所田間及耐熱篩選圃，於抽穗期間進行 39℃ 高溫處理直至成熟期。收穫後進行取樣，調查產量構成要素、

用米粒判別機評估各項糙米外觀品質，並以肉眼判定外觀品質，較台中秈10號佳為0，相同為1，較差為2，最差為3。

經過 MAS 之背景選拔，分別從臺稉9號及台農77號導入系篩選出5個新品系進入下期作觀察試驗及產量試驗。米質評估方面，初步篩選結果如圖十所示，和對照品種 (TK9) 相比，獲得12個米質外觀優良 (0級) 之耐熱基因導入系。



圖十、耐熱性基因導入系米質評估結果。

(三) 臺南 16 號高溫耐性基因導入系稻穀粒型與白堊質發生率評估

1. 試驗材料：本次試驗係利用臺南 16 號耐高溫基因 (*Gn1a*、*GS3*) 導入系 NILs 7 個，包含只帶有 *Gn1a* 1 個，只帶有 *GS3* 共 1 個，皆帶有 *Gn1a*、*GS3* 共 2 個，皆不帶有 *Gn1a*、*GS3* 共 3 個。對照組為為臺南 16 號 (TN16)。
2. 試驗方法：於 110 年一期作分別在臺南區農業改良場進行稻穀粒型與白堊質發生率評估，每行 10 株，行株距 15×15 公分，以完全隨機設計 (CRD) 排列於田區。分別種植於開放田區與高溫篩選溫室，溫室植株於抽穗期至穀粒充實期，從白天 09：00~15：00 施予 39℃ 高溫處理。試驗的肥料施用量為氮素 (N)、磷酐 (P_2O_5)、氧化鉀 (K_2O) 分別為每公頃 160、72、48 公斤，病蟲害防治及其他田間管理，則依照一般慣行方式實施 (圖十一)。

圖

十一、臺南場稻穀粒型與白堊質發生率評估試驗田區配置

3. 性狀調查：於水稻成熟期分別調查稻穀糙米粒長、粒寬及粒厚等粒型特性，以及糙米外觀之白堊質率與完整米率等農藝性狀。
4. 試驗結果：稻穀粒型與米質比較試驗結果如表十一所示，其中於高溫環境下，耐高溫基因 *GS3* 導入品系之白堊質率 (37.8%) 和對照組 TN16 (39.2%) 相比略微降低，可做為後續耐高溫品系選拔之參考。其餘品系白堊質率皆高於對照品種，推測可能原因為穀粒充實期遭遇嚴重缺水所導致。

表十一、臺南場稻穀粒型與米質比較試驗結果

處理	品系		白堊質	長度	寬度	厚度
常溫	1	-	26.9	5.18	2.84	1.98
	2	-	22.3	4.95	2.86	2.02
	3	-	47.2	5.20	2.88	2.03
	4	Gn1a	38.2	4.91	2.90	1.94
	5	GS3	30.9	5.72	2.81	1.96
	6	Gn1a/GS3	62.3	5.45	2.83	1.89
	7	Gn1a/GS3	60.3	5.56	2.84	1.89
	8	TN16	17.3	5.01	2.76	2.02
處理	品系		白堊質	長度	寬度	厚度
高溫	1	-	46.8	5.06	2.67	1.91
	2	-	56.5	4.85	2.74	1.93
	3	-	65.4	5.1	2.78	1.96
	4	Gn1a	69.5	5.01	2.84	1.83
	5	GS3	37.8	5.57	2.63	1.86
	6	Gn1a/GS3	73.1	5.45	2.76	1.84
	7	Gn1a/GS3	72	5.42	2.76	1.82
	8	TN16	39.2	4.9	2.69	1.92

(四) IRRI 引進之耐熱多交族群耐高溫選拔

1. 試驗材料：耐熱多交族群 (Heat-MAGIC) 共由 CHENGCHEONG、DASAN、GIZA178、MILYANG23、HOKURIKU76、N22、IR64、IR72 為基本親，進行完全雜交組合，計引進 844 個品系，經評估耐熱性篩選出 23 個品系，於本計畫進行耐高溫評估與篩選。對照組為高雄 145 號與臺稉 9 號。
2. 試驗方法：於 110年一期作於高雄區農業改良場耐熱篩選設施進行高溫逆境選拔。2 重複，2 行區，每行 10 株，行株距 30×30 公分以完全隨機設計 (CRD) 排列於田區。分別種植於開放田區與高溫篩選溫室，溫室植株於抽穗期至穀粒充實期，從白天 09：00~15：00 施予 39℃ 高溫處理。試驗的肥料施用量為氮素 (N)、磷酐 (P_2O_5)、氧化鉀 (K_2O) 分別為每公頃 160、72、48 公斤，病蟲害防治及其他田間管理，則依照一般慣行方式實施。
3. 性狀調查：糙米外觀選拔方面，因為高雄場主要目的為選育出高溫下外觀比高雄 145 號優良之品系，故目前暫時定糙米外觀優於高雄 145 號為

1 級，與高雄 145 號同為 2 級，糙米外觀介於高雄 145 號級臺稉 9 號之間為 3 級，與臺稉 9 號同為 4 級，劣於臺稉 9 號同為 5 級。稔實率方面，以目視進行記錄。

4. 試驗結果：IRRI 多交族群於高雄場耐熱篩選設施表現情形如表十二所示，其中，IRRI 耐熱多交族群中之 IR 99853-B-B-B-531 品系其糙米外觀等級明顯優於高雄 145 號，且稔實率高達 90%，因此推薦為後續耐高溫品系選拔之參考。

表十二、IRRI 多交族群於高雄場耐熱篩選設施表現情形

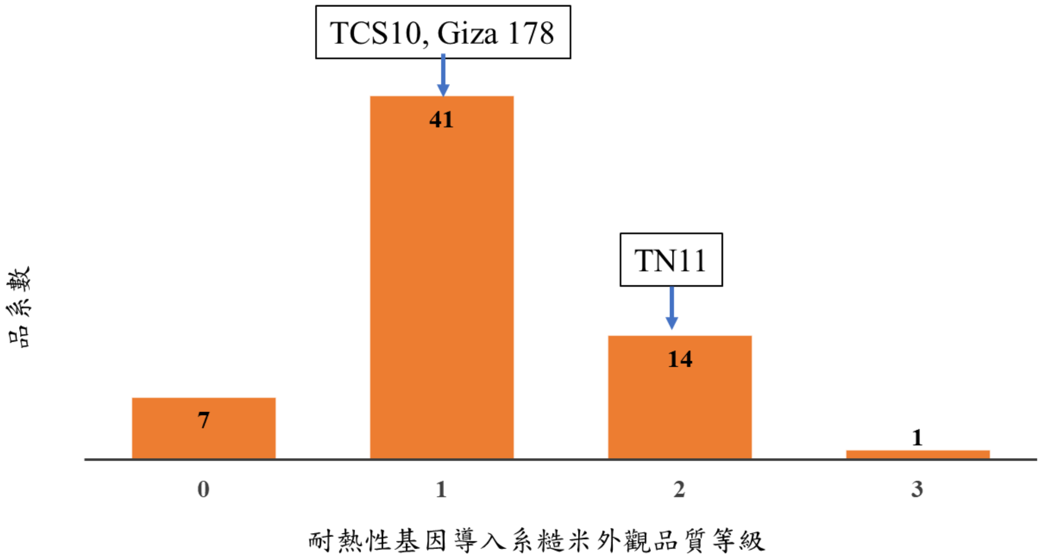
序號	HT編號	多交組合 DESIGNATOR	稔實率(%) 2020	稔實率(%) 2021	糙米外觀等級 2020	糙米外觀等級 2021
1	6	IR 99853-B-5-B-538	10	80	5	4.5
2	7	IR 99853-46-1-1-1	20	65	5	3.5
3	19	IR 99853-72-4-2-1	90	90	5	2
4	34	IR 99853-75-4-3-2	55	85	5	4
5	41	IR 99853-B-B-B-134	85	90	5	3
6	49	IR 99853-B-B-B-409	75	85	5	4
7	52	IR 99853-B-B-B-9	80	90	5	5
8	79	IR 99853-B-B-B-576	60	70	5	4.5
9	95	IR 99853-B-B-B-155	70	90	5	2
10	111	IR 99853-B-B-B-208	25	75	5	5
11	114	IR 99853-B-B-B-747	50	75	5	5
12	115	IR 99853-B-B-B-630	75	85	5	1.5
13	123	IR 99853-B-B-B-946	90	60	5	5
14	146	IR 99853-B-B-B-851	40	85	5	5
15	147	IR 99853-B-B-B-572	85	80	5	5
16	157	IR 99853-B-B-B-325	10	75	5	4
17	172	IR 99853-10-3-1-1	50	85	5	4.5
18	185	IR 99853-11-1-3-1	90	90	5	3.5
19	187	IR 99853-B-B-B-531	90	90	5	1
20	190	IR 99853-B-B-B-268	90	85	5	4.5
21	198	IR 99853-B-B-B-888	75	85	5	4
22	246	IR 99853-B-B-B-370	70	90	5	4
23	266	IR 99853-B-B-B-204	90	90	5	2

(五)IRRI 引進之耐熱基因導入系第二期作選拔

1. 試驗材料：本次試驗係利用臺南 11 號 (TN11) 和臺中秈 10 號 (TCS10) 耐高溫基因 *qHTSF4.1*、*EMF2* 導入系 TCS10/IR64HE、TN11/ IR64HE、TCS10/GIZA178 與 TN11/GIZA178 共 64 個進行高溫逆境篩選。對照品系為臺南 11 號和臺中秈 10 號。
2. 試驗方法：於 2021 年 1 期作分別種植於農試所田間及耐熱篩選圃，2 重複，3 行區，每行 15 株，行株距 28×16 公分，以完全隨機設計 (CRD) 排列於田區。分別種植於開放田區與高溫篩選溫室，溫室植株於抽穗期至穀粒充實期，從白天 08：00~15：00 施予 39℃ 高溫處理。試驗的肥料施用量為氮素 (N)、磷酐 (P_2O_5)、氧化鉀 (K_2O) 分別為每公頃 160、72、48 公斤，病蟲害防治及其他田間管理，則依照一般慣行方式實施。
3. 性狀調查：收穫後進行取樣，調查產量構成要素、用米粒判別機評估各項糙

米外觀品質，並以肉眼判定外觀品質 (分 0、1、2、3 等級)。

4. 試驗結果：IRRI 引進之耐熱基因導入系高溫逆境篩選結果如圖十二所示，經過高溫逆境處理，計有 48 個導入系糙米外觀品質優於對照品種 TN11，其糙米外觀等級介於 0-1 之間，可做為下一期作耐高溫品系選拔之參考。



圖十二、IRRI 引進之耐熱基因導入系高溫逆境篩選結果。

結論

本計畫優先規畫進行因應氣候變遷的3個應對性狀，以創新分子選育技術搭配建構篩檢圃，精準而快速的進行品種改良。在高溫抗性性狀改良上，藉由多交族群選拔及參與式育種方法增進水稻高溫韌性，以降低高溫逆境對多項經濟生產特性之傷害，減緩全球暖化衝擊。目前已經完成臺灣稉稻多交族群(T-MAGIC)、IRRI Heat-MAGIC等品系於耐熱設施篩選評估，並建立GS3、Gn1a、EMF、qHTSF4.1 基因分子標誌篩選技術；探討了高溫下不同稻穀粒型與白堊質發生的情形，建立理想耐高溫粒型，將有助於未來耐熱品系之篩選，能提升稻米品質，增加市場競爭力。為了對高溫逆境的栽培應對方式進行建議，以Impact and strategies on rice production adapting to climate change in Taiwan為題，撰寫論文並在 FFTC 研討會發表，將與在高屏地區宣導的適合栽培時期、水分管理技術以減少米粒白堊質的成果相互驗證。在抗病能力性狀　　改良上，利用分子標誌輔助導入抗性基因之創新選拔技術，提升白葉枯病抗病育種穩定性，可以縮短育種年限，並將成果整理發表論文，累積研究經驗並傳承；開發抗稻熱病SNP分子標誌以協助育種人員選拔稻熱病抗性基因，精準選拔具抗病基因之後裔單株，所育成之優良水稻品系；同時以台灣各地蒐集具代表性的稻熱病原菌生理小種接種，驗證各品系抗性。面對氣候變遷導致病害發生頻度與程度加劇，針對水稻生產最重要的稻熱病與白葉枯病應對基盤研發上，累積夠多及夠厚的品種改良的材料與技術量能，才能在落實減低藥劑使用量的同時，穩定稻米產量與生產品質，確保農民的收益，及解決農產品與耕作環境安全問題。

綜觀本計畫的執行績效，可以充分符合及展現子項主計畫的規劃與設立的目標。在既有的稻作品種改良基礎上，持續強化區域性水稻特色品種與穩定規格品質，落實在地生產、在地消費的觀念，因應加入跨太平洋夥伴全面進步協定（Comprehensive and Progressive Agreement for Trans-Pacific Partnership，CPTPP）的衝擊做準備。

參考文獻

1. 王子明、王強生. 2009. 以基因體育種策略開發水稻白葉枯病及稻熱病之耐久抗性品種. 農林學報. 58：11-24。
2. 林再發. 1990. 白葉枯病對水稻產量與米質之影響及抗病品系之育成. 台中區農業改良場研究彙報. 29: 29-38。
3. 張羽萱、劉依蓁. 2017. 亞洲抗病水稻議題研究以白葉枯病為例. 臺灣經濟研究月刊. 40(3): 82-89.
4. 張義璋、謝麗娟. 1999. 抗臺灣地區白葉枯病之稻品種篩選. 中華農業研究.

48: 101-109.

5. 陳隆澤、陳一心、程永雄. 2004。1990至2002年臺灣水稻品種（系）抗稻熱病檢定. 中華農業研究. 53(4):269-283.
6. 陳純葳、許秀惠. 2009. 臺灣水稻細菌性病害之發生與防治. 臺灣水稻保護成果及新展望研討會專刊. 45-64.
7. 陳繹年、陳純葳、林宗俊. 2013. 臺灣地區水稻稻熱病菌生理型之研究. 2011. 臺灣農業研究. 62 :40-56.
8. 曾雅君、楊喬安、王子明、林大鈞、曾文彬、陳純葳、楊嘉凌、王強生. 2013. 水稻抗白葉枯病標誌輔助選拔系統之建立與回交子代之篩選. 良質米研究團隊研發成果研討會專輯. 臺中區農業改良場特刊. 115 :81-93.
9. 潘昶儒、劉瑋婷. 2000. 花蓮地區水稻品種間白葉枯病不同罹病率對稻米品質的影響。89 年稻作改良年報. 149-156.
10. 謝麗娟、張義璋、謝廷芳. 2005. 水稻白葉枯病抗病檢定方法之改良. 臺灣農業研究. 54: 15-22.
11. 簡錦忠. 1974. 稻熱病病原菌生理型之研究(1970-1972). 中華農業研究. 23: 16-37.
12. Bourett T.M. and R.J. Howard. 1990. In vitro development ofpenetration structures in the rice blast fungus Magnaporthe grisea. Canad. J. Microb. 68: 329-342.
13. Chen S., J. Su, J. Han, W. Wang, C. Wang, J. Yang, L. Zeng, X. Wang, X. Zhu, and C. Yang. 2014. Resistance spectrum assay andfine mapping of the blast resistance gene from a rice experimental line, IRBLta2-Re. Euphytica 195: 209-216.
14. Chen, C.W., D.H. Wu, and S.J. Chang. 2017. Recent Achievements of Bacterial Blight on IRRI-COA Collaboration in Taiwan Side. pp. 12. in: 2017 COA-IRRI Workshop on Genetic and Ecological Approaches to Improve Rice Production in a Changing Climate, Nov. 22, 2017, Taichung, Taiwan.
15. Chien C.C. 1990. Physiologic races of rice blast fungus research. Prediction of rice pests and diseases – Rice blast. Special issue of Agricultural Research 30: 63-74.
16. Chu, Z., B. Fu, H. Yang, C. Xu, Z. Li, A. Sanchez, Y.J. Park, J.L. Bennetzen, Q. Zhang, and S. Wang. 2006a. Targeting xa13, a recessive gene for bacterial blight resistance in rice. Theor. Appl. Genet. 112: 455-461.
17. Endo, N., G.A. Busto Jr., T. Ogawa, and G.S. Khush. 1991. Rice cultivar groups

in Myanmar based on reaction to bacterial blight. Japan. J. Breed. 41: 289-300.

18. Farrell T.C., K.M. Fox, R.L. Williams, and S. Fukai. 2006. Genotypic variation for cold tolerance during reproductive development in rice: screening with cold air and cold water. Field Crops Res. 98: 178-194.
19. Gardner, B. Wang, W.X. Zhai, L.H. Zhu, C. Fauquet, and P. Ronald. 1995. A receptor kinase-like protein encoded by the rice disease resistance gene, Xa21. Science 270: 1804-1806.
20. Hasan M.M., M.Y. Rafii, M.R. Ismail, M. Mahmood, H.A. Rahim, M.A. Alam, S. Ashkani, M.A. Malek, and M.A. Latif. 2015. Markerassisted backcrossing: a useful method for rice improvement. Biotechnol. Equip. 29: 237-254.
21. Matsui T., K. Omasa, and T. Horie. 2001. The difference in sterility due to high temperatures during the flowering period among japonica rice varieties. Plant Prod. Sci. 4(2):90-93.
22. Yao, M.H. and S.H. Chen. 2009. The impact evaluation of climate change on the growth and yield of rice. Crop, Environment ＆ Bioinformatics. 6:141-156. (in Chinese with English abstract)

提升糧食自給率之雜糧作物育種研究

賴永昌[1]、戴宏宇[1]、楊采文[2]、林禎祥[2]、吳昭慧[3]、陳國憲[3]、周國隆[4]
詹凱竣[5]

[1] 農業委員會農業試驗所
[2] 農業委員會桃園區農改場
[3] 農業委員會台南區農改場
[4] 農業委員會高雄區農改場
[5] 農業委員會花蓮區農改場

摘要

本計畫完成甘藷種子發芽試驗、疊氮化鈉誘變處理試驗、碘液法選出 11 個具糯性澱粉特性品系及耐旱品系初級、高級試驗等。育成落花生高油酸新品系農育 75 號，春作產量(3,486 kg ha^{-1})與台南 14 號相近、秋作產量(4,852 kg ha^{-1})高於台南 14 號 30%，本品種具高油酸、株高矮不易徒長、香氣濃郁等特性。高油酸特性能降低落花生油脂氧化耗速率，達到延長保存期限，降低產銷風險。大豆秋作於 R1 期進行浸水處理，試驗結果顯示有 TS07-50B 等 5 個品種系產量減損低於 50%，為較耐浸水品種系；另外冬季毛豆耐寒性 20 個品系(種)第一年區域試驗，綜合評估選出豆香組 KVS4953、KVS4955 及芋香組 KVA380、KVA407 計 4 個耐寒性較佳品系。

前言

隨著生活習慣改變、社會潮流轉變、亦配合現今消費者健康傾向之需求，食用甘藷育種目標將朝向選育高胡蘿蔔素、高花青素、高膳食纖維等營養成分之品種(李和廖，1994)，及選育適和加工用途之糯性澱粉品種；另外根據從事甘藷外銷之廠商反映甘藷外銷需具備耐儲藏之特性，故食味佳、耐儲藏之甘藷受到香港、新加坡等國家之消費者喜好；加上近年來北部地區在種植期春夏作的時候，常遇到乾旱的情況(約1個月無降雨)，其中近3年桃園地區連續不降雨日數為25.6天，有增加的趨勢，甘藷生育期若遇缺水，容易導致鉛筆根的形成，塊根產量大幅度降低，影響農民收益(賴等，1996)。

國產落花生每年種植面積約 2~3 萬公頃，產值約 30~40 億元，每公頃平均產量可達 3,000 公斤以上，世界排名約為第 10~12 位，為國內重要雜糧作物。由於台灣農業文化屬小農制度為主，生產成本偏高，目前生產的加工原料仍無法與鄰近印度、越南等東南亞國家競爭，因此屬配額管制作物之一，自給率仍可高達近90%。 另外落花生加工後保存期限短，僅有 3-6 個月便產生油耗味，為目前國內花生產業重大瓶頸，易造成產銷問題，亦不利開拓外銷市場。故選育耐儲性、高油酸含量及種仁大且大小一致、屑粒比例少等性狀之品種為現今育種方向。

目前栽培的大豆(或毛豆)品種因對氣候環境敏感，生育季節常遇乾旱或寒害(鄭和周，2003)，如 99 年秋作高屏地區毛豆結莢期遇低溫，豆莢減產約 40%，品質低劣，農民損失超過 1 億元以上。105 年秋作雲嘉南地區毛豆籽粒充實期遇大雨，契作 902 公頃鮮豆莢及種子 600 公頃全軍覆沒，農民損失超過 2 億元以上。故因應氣候變遷，急需育成耐寒、耐熱、耐旱或耐水性佳的抗逆境品種，以降低生產風險(吳和黃，2014)為研究重點。

故本計畫針對重要糧食作物，如甘藷擬選育具胡蘿蔔素、高花青素、高膳食纖維等機能成分、耐儲藏適合外銷之特性、糯性澱粉等特性及適合台灣北部地區栽培耐旱穩產之甘藷新品種。落花生擬引進國外種原導入高油酸性狀，育成高油酸品種(系)，增加加工品儲藏壽命，降低產銷風險，維護農民收益(Tillman *et al.*, 2011)。大豆(或毛豆)擬透過利用大豆解序序列及分子輔助選種方法，導入不裂莢特性，減緩高溫多濕氣候對產量影響。另外北部缺乏具耐寒特性之大豆品種，故急需建立耐寒性指標及選育耐寒性的新品種，來降低生產的災害風險。

結果

(一)甘藷

1. 農試所嘉義分所

(1) 甘藷種子發芽試驗：本試驗選用台農 73 號甘藷品種之種子作為試驗材料，比較兩個硫酸浸種時間分別為 23 分鐘及 30 分鐘，以及比較不同種子萌芽溫度分別為 15℃及 25℃等條件，每處理 3 重複，每個處理至少有 100 粒甘藷種子。硫酸浸種期間持續攪拌，之後用純水清洗，在培養皿內放入一張濾紙，加入 3mL 純水，之後大概間隔 4-8 小時計算種子發芽率及測定種子重。後續再視濾紙濕潤程度，分別於硫酸浸種後 26、54 及 104 小時再添加適量 3 mL 純水。結果顯示 15℃或 25℃條件下，第一顆種子發芽大約於硫酸浸種後 22-26 小時，而 25℃下，無論硫酸浸種 23 分鐘或 30 分鐘，甘藷發芽率趨勢相似，硫酸浸種後 50- 54 小時，大約 30%種子發芽；硫酸浸種後 58 小時，大約 50%種子發芽；硫酸浸種後 62 小時，大約 70%種子發芽；硫酸浸種後 70 小時，大約 90%種子發芽。而於 15℃下，甘藷種子硫酸浸種 30 分鐘後，大約 82 小時候甘藷發芽率達 30%；大約 92-96 小時區間甘藷發芽率達 50%；大約 96 小時甘藷發芽率達 70%；大約 104 小時 甘藷發芽率達 90%。15℃下，甘藷種子硫酸浸種 23 分鐘後，大約 74 小時甘藷種子發芽率達 30%；大約 78 小時區間甘藷種子發芽率達 50%；大約 82 小時甘藷種子發芽率達 70%；大約 96 小時甘藷種子發芽率達 90%。

(2) 甘藷種子之疊氮化鈉誘變處理:試驗材料為經濃硫酸處理後之甘藷台農 57(1,500 粒)、66(600 粒)及 73 號(2,000 粒)等品種之種子，利用種子發芽試驗結果將每品種取固定數量種子至三角錐瓶，以可覆蓋種子的水量之去離子水，5℃下浸種 10 小時後倒除水分，加入適當體積 50mM 磷酸溶液(pH3.0)，放置 4℃浸泡 6 小時。再將種子分別置入不同濃度疊氮化鈉溶液(0mM,1mM,2.5mM,5.0mM 及 10mM)，放置於 5℃環境，使疊氮化鈉作用 8 小時後，移至 25℃環境再作用 8 小時。之後倒除疊氮化鈉溶液，將以流水沖洗種子 2 小時後擦乾水分。誘變處理後種子分別種植在穴盤後再移植到溫室種植，並於 109 年裡作種植於嘉義分所試驗田。

(3) 初步快篩選拔具糯性澱粉品系:110 年 4 月裡作採收之台農 57 號(452 品系)及 台農 66 號(33 品系)誘變品系之採收塊根，依據 Ceballos 等人(2007)方法，取 2g KI 與 0.2g I_2 混合於 100mL 蒸餾水中配置呈 2%碘液備用，將此碘液滴於新鮮甘藷切片，呈色若為紫黑色為支鏈澱粉比例高者，而若呈色為偏為藍黑色為直鏈澱粉比例高者。結果顯示共有 13 品系之塊根經染色後呈紫黑

色，且全部來自台農 57 號之品系，未來將進一步瞭解直鏈澱粉與支鏈澱粉比例，並使用快速黏度測定儀檢測澱粉特性。

2. 桃園農改場

4 月 27 日完成 106 年組第二年品系試驗(5 個試驗品系、3 個對照品種)定植，5 月 13 日進行中耕追肥作業，定植後無降雨原生育有點遲緩，但 5 月底鋒面降雨使生育恢復正常，目前生育狀況進入塊根肥大期，預計 8 月下旬進行收穫調查；5 月 20 日完成 107 年組第一年品系試驗(17 個試驗品系、3 個對照品種)定植，6 月 15 日進行中耕追肥作業，目前生育狀況進入塊根形成期，預計 9 月下旬進行收穫調查。另外與財團法人農業工程研究中心合作於桃園市大園區設置甘藷管路灌溉示範點，4 月 12 日定植台農 66 號，以噴灌提升甘藷生產之韌性，降低乾旱影響。

(二)落花生

1. 農業試驗所

(1) 完成落花生春作雜交組合 2 個。

(2) 完成落花生春作 F_5 及 F_6 單株選拔共 50 行。

2. 台南農改場

(1) 進行 020(1)-F3×臺南 16 號等 2 個組合，於 2 月 26 日播種，4 月 16 日完成雜交作業，6 月 15 日完成採收，計獲得 124 粒雜交種子。

(2) 完成 019(2)-1 等 6 個雜交組合 F_1~F_5 後代基因型檢測選拔、油酸/亞油酸分析選拔。2 月 23 日完成試驗播種，已於 6 月 7 日陸續依育種目標採收作業，目前持續進行採收及乾燥等考種作業。

(3) 綜合 109 年春作 019(1)-1 雜交組合後代中，依大粒、豐產、高油酸等育種目標及田間性狀表現，選拔 348 個優良單株進行株行試驗及 018(2)-3-003 等 19 品系進行二行試驗。

(4) 綜合田間性狀及莢果、籽粒等產量表現，由 109 年秋作品系第一年試驗的二行試驗(O/L>15)。

(5) 持續進行 NS018003、NS018004、NS018008 等 9 個高油酸(O/L>15)品系與對照品種臺南 14 號品系第三年試驗之第二個期作試驗。另由 109 年秋作品系第二年試驗擇優選拔 NS02002、NS020003 及 NS020017、NS020020 等 18 個高油酸(O/L>15)品系，分別較對照品種臺南選 9 號及地方種紅仁增產

12~25%及 13~78%晉級品系第三年試驗之第一個期作試驗。上述品系試驗已於6月7日陸續依育種目標採收作業,目前持續進行採收及乾燥等考種作業。

(三)大豆(或毛豆)

1. 桃園農改場

(1) 萌芽出土率評估:供試材料台南 5 號、花蓮 1 號、高雄 11 號、TYG1718104、TYG1611079 等 25 品種(系)分別於 2 月 23 日及 24 日於五峰工作站(耐寒性評估圃)、桃改場試驗田區(對照圃)完成播種，播種後 10 日調查供試材料萌芽出土率。

(2) (a)五峰工作站(耐寒性評估圃)-萌芽出土率以 TYG1609026 最高(73.3%)，TYG17182122 居次(66.7%)，TYG1609120 最低(13.3%)。對照品種花蓮 1 號、高雄 11 號、台南 5 號及高雄選 10 號分別為 61.7%、51.1%、40.0%、34.4%。
(b)桃改場試驗田區(對照圃)-萌芽出土率以 TYG1609159 最高(100%)TYG1609074、TYG16090311 居次(93.3%)，TYG1609228 最低(36.7%)。對照品種花蓮 1 號、高雄 11 號、台南 5 號及高雄選 10 號分別為83.3%、81.7%、61.1%、56.7%。

(3) 播種後至始花(R1)平均日數差異調查：桃改場新屋對照圃為 49 日，五峰工作站耐寒性評估圃為 69 日。以 R1 日數為參數進行耐寒性指標(C.I.T.)計算[CIT＝(Days from VE to R1 in the chilling treatment)/(Days from VE to R1 in the control)x100]，平均值為 139.5，以 TYG171513181 最佳(122.5)，TYG1718104 居次(124.8)，TYG1609044 最差(168.5)。對照品種高雄 11 號、高雄選 10 號、花蓮 1 號及台南 5 號差異不大，介於 130.3 至 137.2。
(a)五峰工作站(耐寒性評估圃)-R1 日數以 TYG1609036、TYG1609044 最短(42 日)，TYG16090311、TYG16091981 居次(44 日)，TYG16001041 最長(56 日)。對照品 種高雄 11 號、高雄選 10 號、花蓮 1 號及台南 5 號分別為 63 日、67 日、71 日及 71 日。
(b)桃改場試驗田區(對照圃)-R1 日數以 TYG1609036、TYG1609120 最短(62 日)，TYG1609159、TYG1609198、高雄 11 號居次(63 日)，TYG16001041 最長(79 日)。對照品種高雄 11 號、高雄選 10 號、台南 5 號及花蓮 1 號分別為 47 日、52 日、 52 日及 58 日。

2. 花蓮農改場

(1) 完成春作新品系試驗調查:完成春作新品系選拔之試驗調查，並於田間選拔性狀優良單株後續建立株系。

(2) 建立耐熱篩選指標:為有效篩選生殖生長期耐熱性，利用花粉萌發試驗大量篩選種原耐熱性，目前已完成花粉萌發最適培養基配方。

(3) 進行抗裂莢育種回交及世代推進:持續進行大豆‘花蓮 1 號’及大豆‘台南 5 號’雜交及回交工作，並將雜交世代推進至 F4 世代。

3. 台南農改場

(1) (1)109 年秋作大豆 R1 期進行浸水處理，試驗結果顯示有 TS07-50B 等 5 個品種系產量減損低 50%，為較耐浸水品種系，且較國外引種耐浸水品種 RA452 高產，晉級 110 年春作試驗，於 1 月 26 日完成播種，3 月 15 日始花期開始進行浸水 10 天，部分不耐水品種系有萎凋死亡現象，目前已完成春作採收，進行農藝性狀調查及考種。

(2) 耐淹水大豆種子篩選，黃豆系列以十石較具耐水性，因此進行 106(2)-1 臺南 10 號*十石及 106(2)-5 臺南 5 號*十石之雜交後代品系耐淹水種子發芽試驗，雜交後代仍以黑色種皮較具耐水特性。

4. 高雄農改場

耐寒性大豆(或毛豆)新品系區域試驗：豆香品系計有 10 品系（種）參試，每公頃合格莢產量以 KVS4955 品系之 12,058 公斤及 KVS4953 品系之 11,509 公斤較高，較對照品種高雄 8 號分別增產 13.8%及 8.6%。百莢重以 KVS4319 品系之 394 公克及 KVS4953 品系之 393 公克較高，較對照品種高雄 9 號分別增加 42 及 41 公克，較對照品種高雄 8 號分別增加 125 及 124 公克。剝實率(飽滿度)以 KVS4955 品系之 51.6%最高，與對照品種高雄 8 號相近。芋香品系計有 10 品系（種）參試，公頃合格莢產量以 KVA380 品系之 10,364 公斤及 KVA365 品系之 9,536 公斤較高，較對照品種高雄 11 號分別增產 28.3%及 18.1%。百莢重以 KVA405 品系之 377 公克最高，分別較對照品種高雄 11 號及黑五葉增加 95 及 41 公克。剝實率(飽滿度)以 KVA392 品系之 58.1%最高，較對照品種高雄 11 號增加 5.5%，與對照品種香姬相近。

結論

(一)甘藷

1. 經發芽試驗資料建立甘藷種子以疊氮化納誘變操作處理模式。
2. 誘變材料中選育 13 個可能具有糯性澱粉特性品系。
3. 完成 107 年組第一年品系試驗定植，生育狀況進入塊根肥大期。
4. 完成 106 年組第二年品系試驗定植，生育狀況進入塊根形成期。

(二)落花生

1. 選育 3 個品系高油酸優良品系。進行後續地方試作，可供育種人員及雜糧作物研究人員持續研發高油酸之新品種(系)材料。
2. 完成兩個落花生高油酸雜交組合。
3. 完成落花生春作 F_5 及 F_6 單株選拔共 200 株。
4. 育成高油酸落花生新品系農育 75 號，春作產量(3,486 kg ha^{-1})與台南 14 號相近、秋作產量(4,852 kg ha^{-1})多出台南 14 號 30%、具有高油酸、株高矮、不易徒長、香氣濃郁。高油酸特性能降低落花生油脂氧化耗速率，達到延長保存期限，降低產銷失衡風險。

(三)大豆或毛豆

1. 109 年秋作大豆 R1 期進行浸水處理，試驗結果顯示有 TS07-50B 等 5 個品種系產量減損低 50%，為較耐浸水品種系，晉級 110 年春作試驗，始花期開始進行浸水 10 天，部分不耐水品種系有萎凋死亡現象，目前已完成春作採收調查。
2. 耐淹水大豆種子篩選，以黑色種皮較具耐水特性。
3. 建立花粉培養方法，並取得國內主流黃豆品種 3 個、黑豆 4 個，及種原庫大豆材料擴增繁殖。
4. 抗裂莢育種世代推進至 F_4 世代。
5. 各供試材料播種後至始花(R1)平均日數，新屋對照圃為 49 日，五峰工作站耐寒性評估圃為 69 日。以 R1 日數為參數進行耐寒性指標(C.I.T.)計算，平均值為 139.5，以 TYG171513181 最佳(122.5)，TYG1718104 居次(124.8)，TYG1609044 最差(168.5)。對照品種高雄 11 號、高雄選 10 號、花蓮 1 號及台南 5 號差異不大，介於 130.3 至 137.2，另外五峰工作站(耐寒性評估圃)-R1 日數以 TYG1609036、TYG1609044 最短(42 日)，TYG16090311、TYG16091981 居次(44 日)，TYG16001041 最長(56 日)。對照品種高雄 11 號、高雄選 10 號、花蓮 1 號及台南 5 號分別為 63 日、67 日、71 日及 71 日。
6. 完成冬季大豆(或毛豆)耐寒性 20 個品系(種)第一年區域試驗，綜合評估選出豆香組 KVS4953、KVS4955 及芋香組 KVA380、KVA407 計 4 個耐寒性較佳品系。

圖 1. 106 年組甘藷第二年品系試驗定植 2 個月生育狀況。

圖 2.桃園市大園區甘藷管路灌溉示範點噴灌情形。

參考文獻

1. 王俠. 1964. 甘藷自交與雜交親和性及其他因子影響結實率之研究. 中華農學會報. 新 48 期: 1-11.
2. 李良. 1965. 甘藷產量之構成因素相關之研究. 中華農學會報. 新 49 期. 27: 1-14.
3. 李良. 1969. 甘藷品種間雜交一般及特定組合力及其與年份交感作用之研究. 研究彙刊 3: 105-114.
4. 李良. 1975. 甘藷逢機交配集團數量性狀遺傳之研究. 中華農業研究 24: 32-42.
5. 李良. 1980. 甘藷優良後裔選拔基準之研究. 科學發展月刊 8: 930-940.
6. 李良. 1981. 不同期作對甘藷生長收量及品質之影響. 科學發展月刊 9: 693-706.
7. 李良. 1982. 甘藷粗澱粉率之遺傳及其塊根收量等性狀關之研究. 科學發展月刊 10: 765-772.
8. 李良. 1989. 甘藷形態和生理性狀與塊根產量之關係. 中華農學會報 147: 10-27.
9. 李良、廖嘉信. 1994. 台灣甘藷品種改良之成就與展望. 根莖作物生產改進及加工利用研討會專刊. 台灣省農業試驗所特刊第 45 號: 11-28. 台灣省農業試驗所嘉義分所. 嘉義. 台灣.
10. 余德發、陳任芳. 2009. 大豆有機栽培. 花蓮區農業改良場專刊 62: 4-13.
11. 吳昭慧、黃涵靈. 2014. 大豆新品種臺南 10 號之育成. 台南區農業專訊 89 : 1-4.
12. 吳詩都. 1978. 大豆耐寒性之育種研究Ⅱ.低溫環境下葉部型態之變異. 農林學報 27: 157-161.
13. 吳詩都. 1981. 大豆耐寒性之育種研究Ⅲ.低溫環境下莢及根部型態之變異. 農林學報 30: 123-128.
14. 郭忠吉、陳惠美. 1994. 甘藷光合產物與產量. 根莖作物生產改進及加工利用研討會. 台灣省農業試驗所特刊第 45 號: 147-162. 台灣省農業試驗所嘉義分所. 嘉義. 台灣.
15. 連大進、黃明得、吳振碩. 1996. 浸水及天然災害對大豆生長和產量的影響. 台南區農業改良場研究彙報 33: 45-56.
16. 鄭士藻、周國隆. 2003. 適合冬季栽培毛豆新品種「冬蜜－高雄 8 號」. 高雄區農技報導 46: 1-4.

17. 詹國連、曹文隆. 1977. 耐寒性大豆品種之選拔及研究Ⅰ.品種特性及選拔指標. 中華農業研究 26(3): 185-194.

18. 賴永昌、李炳和、劉復誠. 1996. 春秋作甘藷產量差異之探討. 中華農業氣象 3(3)：169-173.

19. 農林廳. 1979. 雜糧作物育種程序及實施方法: 1-27.

20. 熊谷亨、梅村芳樹. 1991. 塊根中 β-amylase 活性簡易檢定法.九州農業研究 51: 35.

21. Branch, W.D. 2011. First 100 Years-Inheritance of Testa Color in Peanut (Arachis hypogaea L.). Crop Sci. 51: 1–4. 1.

22. Branch, W.D. and A.S. Csinos. 1987. Evaluation of peanut cultivars for resistance to field infection by Sclerotium rolfsii. Plant Dis. 71: 268-270.

23. Brenneman, T.B., W.D. Branch, and A.S. Csinos. 1990. Partial resistance of Southern Runner, Arachis hypgaea, to stem rot caused by Sclerotium rolfsii. Peanut Sci. 17: 65-67.

24. Cheng, J.C., L.S. Kan, J.T. Chen, L.G. Chen, H.C. Lu, S.M. Lin, S.H. Wang, K.H. Yang, and R.Y.Y. Chiou. 2009. Detection of Cyanidin in Different-colored Peanut Testae and Identification of Peanut Cyanidin 3- sambubioside. J. Agric. Food Chem. 57 (19): 8805–8811.

25. Chu, Y., C. Corley Holbrook, and P. Ozias-Akins. 2009. Two Alleles of Control the High Oleic Acid Trait in Cultivated Peanut. Crop Science 49(6): 2029.

26. Chu, Y., L. Ramos, C.C. Holbrook, and P. Ozias-Akins. 2007. Frequency of a Loss-of-Function Mutation in Oleoyl-PC Desaturase in the Mini-Core of the U.S. Peanut Germplasm Collection. Crop Science 47 (6): 2372. 6. Chu, Y., C. L. Wu, C. C. Holbrook, B. L.

27. Cornelious, B.K. 2004. Phenotypic evaluation and molecular basis for waterlogging tolerance in southern soybean populations Ph. D. dissertation, University of Arkansas, Fayetteville.

28. Frank, Z.R. 1974. Effect of constant moisture levels on Pythium rot of peanut pods. Phytopathology 64: 317-319.

29. Garica, R. and D.J. Mitchell. 1975. Interaction of Pythium myriotyum with several fungi in peanut pod rot. Phytopathology 65: 1375-1381.

30. Garica. R. and D.J. Mitchell. 1975. Synergistic interactions of Pythium myriortylum with Fusarium solani and Meloidogyne arenaria in pod rot of peanut. Phytopathology 65: 832-833.

31. Garren, K.H. 1970. Rhizoctonia solani versus Pythium myriotylum as pathogens of peanut pod breakdown. Plant Dis. 54: 840-843.
32. Gifford, R.M. and L.T. Evans. 1981. Photosynthesis carbon partitioning and yield. Ann. Rev. Plant Physiol. 32: 485-509.
33. Gorbet, D.A. Knauft, and C.T. Young. 1987. Variability in Oil Quality Among Peanut Genotypes in the Florida Breeding Program 1. Peanut Science 14 (1): 7-11.
34. Grichar, W.J. and O.D. Smith. 1992. Variation in yield and resistance to southern stem rot among peanut (Arachis hypogaea L.) lines selected for Pythium pod rot resistance. Peanut Sci. 19: 55-58.
35. Hou, F.F. and F.S. Thseng. 1992. Studies on the screening technique for pre-germination flooding tolerance in soybean. Japanese Journal of Crop Science 61(3)：447-453.
36. Johnes, A. 1965. A proposed breeding procedure for sweet potato. Crop Sci. 5: 191-192.
37. Kinsbursky, R.S. and A.R. Weinhold. 1988. Influence of soil inoculum density disease incidence relationships of Rhizoctonia Solani. Phytopathology 78: 127-130.
38. Lai, Y.C., C.L. Huang, C.F. Chan, and W.C. Liao. 2011. Studies of sugar composition and starch morphology of baked sweet potatoes (Ipomoea batatas (L.) Lam). J Food Sci Technol. (DOI 10.1007/s13197- 011-0453-6).
39. Linkemer, G., J.E. Board, and M.E. Musgrave. 1998. Waterlogging effects on growth and yield components in late-planted soybean. Crop Science 38(6): 1576-1584.
40. McIntosh, M.S. 1983. Analysis of combined experiments. Agron. J. 75(2): 153-156.
41. Morrison, T., R. Pressey, and S. Kays. 1993. Changes in β-amylase during storage of sweet potato lines with varying starch hydrolysis potential. J.Amer.Soc.Hort.Sci. 118(2): 236-242.
42. Norden, A.J., D.W. Gorbet, D.A. Knauft, and C.T. Young. 1987. Variability in Oil Quality Among Peanut Genotypes in the Florida Breeding Program 1. Peanut Science 14 (1): 7-11.
43. Scott, H.D., J.D. Angula, M.B. Daniels, and L.S. Wood. 1989. Flood duration effects on soybean growth and yield. Agron. J. 8: 631- 636.

44. Shannon, J.G., W.E. Stevens, W.J. Wiebold, R.L. Mcgraw, D.A. Sleper, and H.T. Nguyen. 2005. Breeding Soybean for Improved Tolerance to Flooding.Chicago,IL:American Seed Trade Association.
45. Shikata, S.I. 1989. Utilization of random mating population in sweet potato breeding. Bull.Ghugoku Natl. Agric. Exp. Sta. Ser. A. 85: 1-48.
46. Shorter, R. and R.O. Hammons. 1985. Pattern analysis of genotype adaptation and genotype ×environment interactions in the uniform peanut performance tests. Peanut Sci. 12: 35-40.
47. Smith, O.D., T.E. Boswell, W.J. Grichar, and C.E. Simpson. 1989. Reaction of select peanut (Arachis hypogaea L.) lines to southern stem rot and Pythium pod rot under varied disease pressure. Peanut Sci. 16: 9-14.
48. Suriharn, B., A. Patanothai, K.J. Boote, and G. Hoogenboom. 2011. Designing a Peanut Ideotype for a Target Environment Using the CSM-CROPGRO-Peanut Model. Crop Sci. 51: 1887-1902.
49. Takahata, Y., T. Noda, and T. Nagate. 1993. HPLC determination of β- carotene of sweet potato cultivars and its relationship with color values. Japan. J. Breed. 43: 421-429.
50. Tillman, G. Person, and P. Ozias-Akins. 2011. Marker-Assisted Selection to Pyramid Nematode Resistance and the High Oleic Trait in Peanut. The Plant Genome Journal 4 (2): 110.
51. Venuprasad, R., R. Aruna, and S.N. Nigam. 2011. Inheritance of traits associated with seed size in groundnut (Arachis hypogaea L.).Euphytica Springercom.,Published online:19 February 2011.
52. Wu, C., A. Zeng, P. Chen, L. Florez-Palacios, W. Hummer, J. Mokua, M. Klepadlo, L. Yan, Q. Ma, and Y. Cheng. 2017. An effective field screening method for flood tolerance in soybean. Plant Breeding 136(5): 710-719.
53. Wynne, J.C. and W.C. Gregory. 1981. Peanut breeding. Adv. in Agron.34:39-72. 24. Wynne, J. C., M. K. Beute, and S. N. Nigam. 1991. Breeding for disease resistance in peanut (Arachis hypogaea L.). Annu. Rev. Phytopathology 29: 279-303.
54. Wynne, J.C., M.K. Beute, and S.N. Nigam. 1991. Breeding for disease resistance in peanut (Arachis hypogaea L.). Annu. Rev. Phytopathology 29: 279-303.

55. Yamaguchi, N., H. Kurosaki, M. Ishimoto, M. Kawasaki, M. Senda, and T. Miyoshi. 2015. Early-maturing and chilling-tolerant soybean lines derived from crosses between Japanese and Polish cultivars. Plant Prod. Sci. 18(2): 234-239.

選育抗病及高產蜜西方蜜蜂改善產業急需升級之課題

吳姿嫺[1*]、陳本翰[1]、黃子豪[1]、徐培修[1]

[1]行政院農業委員會苗栗區農業改良場

[*]通訊作者 E-mail：thwu@mdais.gov.tw

摘要

臺灣養蜂產業近來受氣候變遷影響導致產量不穩定，且蜜蜂病蟲害威脅嚴重，使生產成本提高。本研究於 2021 年起收集臺灣各地區蜜蜂品系以建立國內西方蜜蜂種原庫，並選育抗病高產蜜之西方蜜蜂種群，供產業使用。2021 年已收集 10 個西方蜜蜂地方品系，每品系 4 群共 40 群，經粒線體 DNA 分析，其中僅 2 品系 4 群為 Z 基因型，其他為 C 基因型。並偵測出 2 群蜂帶原黑王台病毒及畸翅病毒。經採蜜能力調查，選出各地方品系採蜜量最高作為雜交育種之母群，共選出 10 群，單一蜂群單季最高產量為 24.13 kg。另篩選各地方品系清潔能力高者作為雜交之父群，共選育出 7 群，清潔能力最高之蜂群其 24 小時清潔力達 94.12%。篩選出之優秀父母群於秋季進行人工育王雜交選育，預計於隔年春天進行 F1 採蜜性狀調查。

關鍵字：西方蜜蜂、高產蜜種、抗病育種

前言

蜜蜂為自然界授粉昆蟲，仰賴自然界植物提供之花蜜及花粉為生，畜養可生產蜂產品。而農作物生產亦需蜜蜂協助授粉，維持作物產量。全球養蜂產業受到氣候、疾病及農藥威脅，國際將蜜蜂健康視為農業生產極需重視的議題。國內養蜂產業近年來受到氣候變遷影響，導致蜂產品產量極不穩定，2012 年至 2015 年間國內蜂蜜平均年產量約 12,000 公噸，到 2016 年起蜂蜜年產量常不足 9,000 公噸，2019 年僅剩 2,906 公噸（農業統計年報，2020）。蜂蜜減產、進口蜂蜜低價衝擊及蜜蜂病蟲害難以控制等問題，使得飼養蜜蜂協助農作物授粉之蜂農生計岌岌可危。過去蜂農多自行保種或培育高產蜜蜂種，利用優良蜂種以獲取較高蜂蜜產量，但因蜜蜂繁殖模式為處女蜂王飛出蜂巢與多隻雄蜂空中交尾，無法確定父系來源，又多在同一場域自交繁殖，自行保種常有蜂種弱化快速不耐病害的現象。蜜蜂長期近親繁殖，延伸病蟲害防治及飼養成本更為提高的問題。而國內對於蜜蜂健康與育種之基盤研究所投注的研究經費有限，過去苗栗區農業改良場曾於 1997 年依據國內動物檢疫法規自國外輸入蜜蜂蜂王，包括黃色種的義大利蜂（*Apis mellifera ligustica*）、黑色種的卡尼鄂拉蜂（*A. mellifera carnica*）及喀爾巴阡蜂（*A. mellifera carpatica*）等，以改良國內逐漸弱化之蜂群。引進後經過多次調查，與國內原有蜂種比較，其產量優勢不明顯，僅將少數較優蜂王加入育種保育種群（吳等，2011）。苗改場於 1997 至 2008 年亦同時收集國內職業蜂場之高產種群進行育王研究，提高種群歧異度以增進雜交優勢，調查蜂群採蜜能力及種群之病毒監測，目的為育成高產蜜之蜂種。最終於 2011 年育成可提升蜂蜜產量 10%之優良蜂種，並且成功技術移轉供產業應用。惟國內蜂場密度較高，蜂農自行培育蜂王操作下，常以少數種群進行育王，導致蜂群基因窄化，蜂群逐漸弱化。2017 年吳等人調查臺灣各地區義大利蜂品系，以粒線體 DNA 親緣性分析，約有 87.5%為 C 基因型、12.5%為 Z 基因型並有區域分佈上的差異，因此為改善基因窄化現象，蜜蜂育種首重增加蜜蜂基因歧異度，可採用地域性收集不同地方品系增加蜜蜂種原多樣性。此外，國際上蜜蜂育種常採用蜜蜂衛生行為（hygienic behavior）作為抗病篩選的方式（Mcafee *et al*., 2017）。Spivak 等人發現蜜蜂的衛生行為與其美洲幼蟲病及白堊病的發生具相關性(Spivak and Reuter, 2001a；Spivak and Reuter, 2001b)，因此可利用此行為選育抗病蟲害的蜂種，如抗蜂蟹蟎或美洲幼蟲病等(Mondet *et al*., 2016; Parker *et al*., 2012)。

本研究目的為育成抗病高產蜜之蜜蜂種群供產業使用。執行方法為收集國內各地區西方蜜蜂品系，透過區域蜂種基因型分析，了解收集蜜蜂種原之多樣性，接續以蜜蜂衛生行為篩選清潔能力強的蜜蜂種原，並進行採蜜能力調查，選育抗病且高產蜜之優勢蜂種。初步篩選出之蜂群以做為雜交選育之父母群，接續以人

工育成雜交 F1，再進行 F1 清潔能力及採蜜能力篩選，利用人工雜交選育技術逐代篩選，使育成蜂種能同時具備優良採蜜能力及抗病能力，期望能提高蜂產品產量，促進蜜蜂繁殖力與減少疾病耗損。

材料與方法

一、各地區西方蜜蜂種群收集與基因型與帶病毒分析

苗改場於 2020 年底起陸續向全國各地職業蜂農購入表現優良之蜜蜂種群，並以區域劃分，收集之種群為無異地交尾之種群。收集縣市包含新北市(K1～K4 品系)、新竹縣(N1～N4 品系)、苗栗縣(G1~G4 品系)、台中市(E1～E4 品系及 L1～L4 品系)、彰化縣（I1～I4 品系）、雲林縣（J1～J4 品系）、台南縣（C1～C4 品系）、屏東縣（H1～H4 品系）、花蓮縣（F1～F4 品系），各品系蜜蜂種原各 4 群，共 10 品系、40 群。將收集之蜜蜂種原於苗改場培育後進行帶病毒與粒線體 DNA 分析，建立種群品系分群。參照 2017 年吳等人調查臺灣各地區義大利蜂品系(*A. mellifera ligustica*)實驗方法，以 PCR 增幅隨機取樣 5 隻工蜂幼蟲粒線體 DNA 之 Cyt b、COI、Ls rRNA 及 intergenic tRNAleu-COII region 基因片段，再利用限制酶酵素 HinfI、BglII、EcoRI 及 HCII 截切，以截切後片段大小判定基因型。另以 RT-PCR 技術檢測各收集種群帶病毒情形，隨機取各蜂群 5 隻工蜂成蟲頭部，以 GE Healthcare illustra™之 RNA 萃取套組萃取 RNA 樣本，萃取之 RNA 保存於-20℃備用。後續再以 Invirogen SuperScript™Ⅲ反轉錄套組進行 cDNA 製備，製備完成之 cDNA 樣本保存於-20℃備用。接續以 BQCV 專一性引子對（Benjeddou *et al*., 2001）及 DWV 專一性引子對(Lanzi *et al*., 2006)進行 PCR 增幅，PCR 反應係採 Protech Technology Enterprise CO., Ltd. All-in –ONE PCR Mix 套組進行，並以蜜蜂肌動蛋白（β-actin）基因片段為內對照組。PCR 反應條件為 94℃、3 分鐘 1 循環，94℃、30 秒；55℃、30 秒；72℃、30 秒共 35 個循環，72℃、5 分鐘 1 循環。將 PCR 產物取 10μl 以 1.5％瓊脂膠體進行電泳分析，並在 UV312 nm 照射下進行片段確認，以瞭解各種群之帶病情形。

二、採蜜能力調查

蜂群調整至 8 脾蜂量，並採 2 巢脾隔王方式限制蜂王產卵，另 6 巢脾空出以供蜂群存放蜂蜜，隨後於 3 月底遷移至南投縣中寮鄉(GPS:23.934048, 120721582)荔枝龍眼產區進行採蜜量調查。採蜜調查需於首次搖蜜搖出飼糖，淨空蜜脾區，隨後每隔 3 日進行 1 次搖蜜作業，共採收 4 次，分別秤量蜜脾總重及採收後空脾重量，以計算每箱採收重量，最後 4 次採收總量相加，得出每箱採蜜總重量。

三、清潔能力調查

各地方品系西方蜜蜂採蜜期後，隨即遷回育種基地，加強蜜粉餵飼進行蜂群整備，以接續進行清潔能力調查。本項調查先以隔王板限制蜂王產卵區域，以取得日齡相同之封蓋蛹脾，再以 200 ml 液態氮冷凍殺死半徑 4.5 cm 圓形面積之封蓋蛹脾，插入蜂箱 24 小時，計算 24 小時後工蜂清除死蛹的比例。

結果與討論

一、各地區西方蜜蜂種群基因型與帶病毒分析

各地區西方蜜蜂粒腺體 DNA 結果顯示所收集之種群包含北部 :新北市 K 品系 4 群基因型為 C 型，新竹市 N 品系 4 群基因型為 C 型及 Z 型，桃園縣 G 品系 4 群基因型為 C 型;中部:台中市 E 品系 4 群基因型為 C 型及 L 品系 4 群基因型為 C 型，彰化縣 I 品系 4 群基因型為 C 型，雲林縣 J 品系 4 群基因型為 C 型;南部:台南 C 品系 4 群基因型為 C 及 Z 型，屏東縣 H 品系 4 群基因型為 C 型;東部:花蓮縣 F 品系 4 群基因型為 C 型（表 1），從收集各地蜂群基因顯示，C 基因型蜂群較多，Z 基因型蜂群較少，與過去的調查結果相似(Wu *et al.*, 2017)，後續調查應盡可能保留 Z 基因型之蜂群。其中經帶病毒檢測發現新北市(代碼 K-3)及臺南市(代碼 C-3)各有 1 群染有可能具垂直傳播之蜜蜂畸翅病毒（DWV），及臺南市(C-3)1 群感染黑王台病毒（BQCV）（表 1），後續將持續觀察蜂群發病情形，並於秋季換王後再行檢測帶病情形是否垂直傳播，如雜交後代仍帶有病毒則汰除。

二、採蜜能力調查

N-4 蜂群調查期間出現美洲幼蟲病病徵已先銷毀汰除，以防傳播至其他群體。採蜜調查以 G-3 種群採蜜量最高達 24.13 kg，H-1 種群採蜜量最低為 4.14 kg，各品系選出採蜜最佳種群分別為 C-1、E-4、F-4、G-3、H-4、I-4、J-1、K-4、L-1、N-2，做為後續雜交選育之母群，其中僅 N-2 為 Z 基因型蜂群(圖 1)。

三、清潔能力調查

清潔能力調查 10 品系共 36 群（其中 G-2、H-2、K-2 於採蜜調查結束後因蜂勢衰弱減群），以 L-4 種群 24 小時清潔力達 94.12%最高，L-3 種群 24 小時清潔力 31.43%最低(圖 2)，各品系選出清潔能力最佳之種群作為後續雜交選育之父群，分別為 C-3、E-1、F-4、G-3、H-1、I-2、J-4、K-4、L-4、N-2，但因 F-4、K-4 及 N-2 已作為母群，將捨去不做為父群來源，以避免同源雜交弱勢。優選父群中 C-3 為 Z 基因型蜂群。

後續選育工作將利用秋季蜂群繁殖季節進行人工育王，採集團選育方式，以各品系採蜜最優者作為母本進行移蟲並至少每品系培育 4 群，以清潔能力最優者為父本，於交尾前 40 日前插入雄蜂脾誘導蜂王產卵，以生產大量優勢種群雄蜂，製造雄蜂優勢，使優選基因能帶入集團基因庫中，雜交育王後汰除舊蜂王，並盤點最後各品系蜂群數，至明年春季即可進行雜交 F1 採蜜性狀及清潔能力性狀之評估。

蜜蜂育種工作需配合外界蜜粉源植物，有充足食物來源才可順利進行，為加速後續育種速度，需同時進行蜂王人工授精技術開發，待後續雜交 F1 性狀評估後，汰除調查性狀不佳之蜂群，將利用人工授精方式，以確保蜂王交尾之父系來源為優良品系，可加速蜂種選育工作。

結論

臺灣位處海島地形，蜂群繁衍具有天然隔離屏障，易發生島內自交弱化，蜜蜂育種工作除注重選育目標性狀外，同時需注意育種種群之歧異度，以避免選育出之標的特徵穩定表現時間太短，產業應用受限。另蜂蟹蟎寄生會媒介蜜蜂病毒於蜜蜂種群內傳播，影響採蜜及繁殖表現，因此蜜蜂種群選擇時應注意易發生垂直傳播之病毒，如黑王台病毒及畸翅病毒等(Chen *et al.*, 2006)。選育抗病高產蜂群為改善目前蜂產業受氣候變遷帶來產量不穩定及飼養成本提高之問題。本研究執行第一年進行種原收集及初步調查已篩選出潛力品系，未來仍須不斷透過科學性的調查及驗證，經由集團雜交選育方式，篩選優良性狀，並增加種群內基因歧異度，以育成產業所需之蜂種。育成品系若需釋出給產業使用，也需搭配人工授精技術，方可提供父系來源準確可供生產之蜂王，本研究在之各種育種技術輔助下，希望能穩定提供國內養蜂產業所需之優良蜂種，促使產業升級。

表 1 各地方西洋蜜蜂種群帶病毒情形及粒線體 DNA 分析結果

Table 1 Results of honey bees' viruses infected and mtDNA analysis in different local strains.

	病毒								粒線體 DNA 分析			
	DWV				BQCV							
品系	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
C	-	-	+	-	-	-	+	-	C	C	Z	Z
E	-	-	-	-	-	-	-	-	C	C	C	C
F	-	-	-	-	-	-	-	-	C	C	C	C
G	-	-	-	-	-	-	-	-	C	C	C	C
H	-	-	-	-	-	-	-	-	C	C	C	C
I	-	-	-	-	-	-	-	-	C	C	C	C
J	-	-	-	-	-	-	-	-	C	C	C	C
K	-	-	+	-	-	-	-	-	C	C	C	C
L	-	-	-	-	-	-	-	-	C	C	C	C
N	-	-	-	-	-	-	-	-	Z	Z	C	-

The marks in column shows "+" means positive samples, and '-' means negative samples.

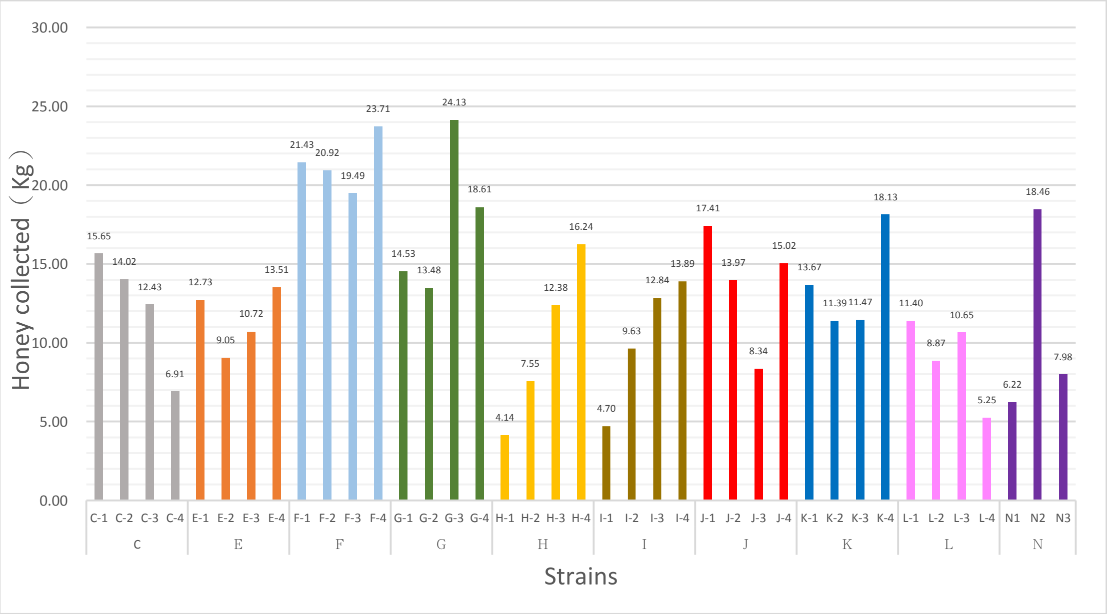


圖 1　不同地方品系西洋蜜蜂種群總採蜜量

Fig. 1　The amount of total honey collected by different strains.

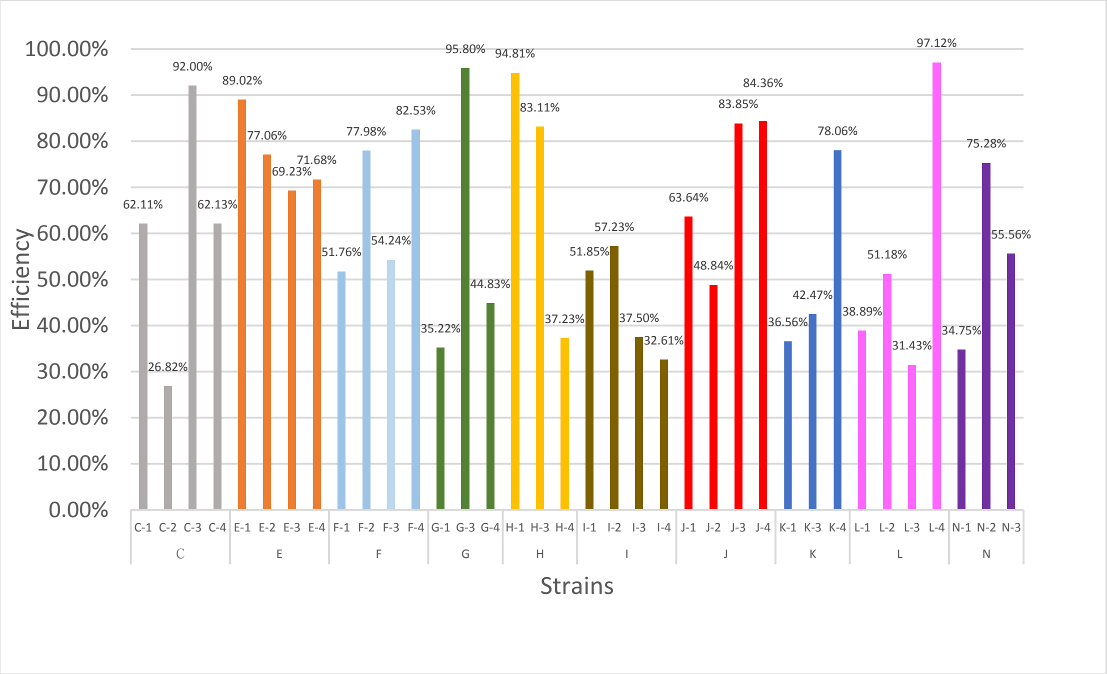


圖 2　不同地方品系西洋蜜蜂種群以液態氮冷凍封蓋蛹調查 24 小時清潔能力

Fig. 2　The hygiene behavior test after 24 hours with freeze killed by different strains.

參考文獻

1. 農業統計年報. 2020.
2. 吳輝虎、宋一鑫、吳登楨、盧美君. 2011. 高產蜂蜜種群選育. 苗栗區農業專訊 55:23-24.
3. Benjeddou M, N. Leat, M. Allsopp, S. Davison. 2001. Detection of acute bee paralysis virus and black queen cell virus from honeybees by reverse transcriptase PCR. Appl Environ Microbiol. May;67(5):2384-7.
4. Chen, Y.P., J.S. Pettis, A. Collins, and M.F. Feldlaufer. 2006. Prevalence and transmission of honeybee viruses. Applied and environmental microbiology, 72(1), 606–611.
5. Evans, J. and M. Spivak. 2010. Socialized medicine: Individual and communal disease barriers in honey bees. Journal of Invertebrate Pathology. 103(1):S62-S72.
6. Lanzi, G., J.R. de Miranda, M.B. Boniotti, C.E. Cameron, A. Lavazza, L. Capucci, S.M. Camazine, C. Rossi. 2006. Molecular and biological

characterization of deformed wing virus of honeybees (*Apis mellifera L.*). J Virol. 80(10):4998-5009.

7. Mcafee, A., T. Collins, L. Madilao, and L. Foster. 2017. Odorant cues linked to social immunity induce lateralized antenna stimulation in honey bees (*Apis mellifera L.*). Scientific Reports, 7(1):46171.
8. Mondet, F., S. Kim, J. De Miranda, D. Beslay, Y. Le Conte, and A. Mercer. 2016. Specific Cues Associated with Honey Bee Social Defense against *Varroa destructor* Infested Brood. Scientific Reports. 6(1):25444.
9. Parker, R., M.M. Guarna, and A.P. Melathopoulos. 2012. Correlation of proteome-wide changes with social immunity behaviors provides insight into resistance to the parasitic mite, *Varroa destructor*, in the honey bee (*Apis mellifera*). Genome Biol 13:R81.
10. Spivak, M. and G.S. Reuter. 2001. Resistance to American foulbrood disease by honey bee colonies *Apis mellifera* bred for hygienic behavior. Apidologie. 32:555-565.
11. Spivak, M. and G.S. Reuter. 2001. *Varroa destructor* infestation in untreated honey bee (Hymenoptera: Apidae) colonies selected for hygienic behavior. Journal of Economic Entomology 94:326-331.
12. Wu, M.C., T.H. Lu, and Lu, K.H. 2017. PCR-RFLP of mitochondrial DNA reveals two origins of Apis mellifera in Taiwan. Saudi journal of biological sciences, 24(5):1069-1074.

豐產耐候油茶新品系選育初報

羅士凱[1]、王瑞章[2]、胡智益[1]、蕭建興[1]、楊藹華[2]、劉秋芳[1]、吳姿嫺[3]

[1]行政院農業委員會茶業改良場

[2]行政院農業委員會臺南區農業改良場

[3]行政院農業委員會苗栗區農業改良場

*通訊作者 E-mail：rogerlo@ttes.gov.tw

摘要

大果油茶及小果油茶種原圃建立於茶業改良場臺東分場及臺南區農業改良場雲林分場，並進行性狀及產量調查。茶改場小果油茶產量最高之品系為 TTES-2017-S-No.11、TTES-2017-S-No.12、TTES-2017-S-No.08、TTES-2017-S-No.04，定植第二年，平均單株果實產量分別為 350.4g、305.5g、147.9 以及 141.4g，平均果實重量最可高達 4.6g，果徑最大可達 20.9 mm。臺南場調查 5 個大果油茶優良耐物候品系果徑介於 33-51 mm 之間，成熟後果實有紅黃綠色、黃綠色等，果實形態為圓形；5 個小果油茶優良耐物候品系果徑介於 12-25mm 之間，成熟後果實有紅黃綠色、黃綠色等，果實形態有圓形、橢圓形等，將來將持續進行各品系之性狀調查。

關鍵字：油茶、品系、性狀、產量

前言

油茶為臺灣主要油料作物之一，在臺灣可區分為大果種油茶(普通油茶)(*Camellia oleifera*)及小果種油茶(短柱山茶或細葉山茶)(*C. brevistyla* 或 *C. tenuiflora*)，兩者均屬於山茶科山茶屬植物，前者適合栽培於臺灣中南部地區，後者適合在臺灣中北部地區(丁, 2018, Wang and Chang, 2018)。臺灣油茶經由葉部性狀如葉長、葉寬、長寬比、葉厚、鋸齒數、內折度及反轉度等，可清楚的將大果油茶及小果油茶分群(Lin, 2010)。

大果油茶花期開始於 10 月下旬，結束於 12 月中旬，花期長達 80 天，有利於傳粉和授粉，但授粉過程容易受到氣候的影響(Li, 2011)。小果油茶花芽發育細分並定義為 16 個階段(Stage)，花芽為 Stage 12 以上，長寬各大於 8 mm 和 5 mm，約 2-3 週後即可開花，整個花芽形成須歷時 4-5 個月，細葉山茶果實成熟需一年的時間(Huang, 2014)。

油茶存在著晚期自交不親和現象(Liao *et al*., 2014)，由於自交不親和性，商業大量茶油生產，需要親和的花粉和最佳的異花授粉組合(Hu *et al*,. 2020)。

以往臺灣的油茶以種子繁殖（實生苗），主要以造林為主，沒有經過人工選育，品種混雜，故產量不高（每公頃僅 1500-2000 公斤鮮果）且產油率較低。油茶屬於多年生作物，種植後約 5 年後始得採收種子壓榨油品，又油茶屬於異交(異花授粉)作物，同一地區若僅種植單一品系或同一母本所繁衍的實生苗，將因遺傳歧異度太小，發生近親交配而產生弱勢現象，使得種子產量減少，因此，考慮栽種單株間的遺傳歧異度相當重要。目前農委會大力推廣油茶以維持糧食自給率，茶業改良場與臺南區農業改良場已篩選多個豐產品系，需要進一步篩選最豐產耐候之品系以嘉惠產業。

材料與方法

油茶種原圃品系調查

本試驗分別由茶業改良場及臺南區農業改良場分別進行，選擇豐產品種定植於氣候炎熱之雲林及臺東，進行油茶之農藝性狀調查，以篩選耐物候品系。茶改場於 104 年至 107 年篩選蒐集之 3 年生大果油茶 15 品系、小果油茶 15 品系種苗，於 109 年定植於臺東縣鹿野鄉茶業改良場臺東分場，每品系 9 株，間距 3.0 公尺，進行品系比較試驗，調查農藝性狀產量以及果實性狀。臺南場則將既有選育豐產油茶樹齡 5 年生之油茶優良耐物候品系植株，定植於雲林分場試驗田，面積 0.1 公頃(年平均溫 25℃以上環境下)，建立耐物候油茶試驗圃，並進行耐物候油茶品系選育，調查其植株特性及生育狀況，調查項目包括株高、葉長、葉寬、花徑、果徑及果實形態等。

結果

茶業場 110 年試驗成果包含定植之小果油茶品系已開始結果，平均樹幅寬度約 0.8 m，樹體高度約 1.2 m，將各品系單株逐株採收，並計算單株果實粒數、果實重量，以及果實横徑等。調查結果顯示，本(110)年度產量最高之品系為 TTES-2017-S-No.11、TTES-2017-S-No.12、TTES-2017-S-No.08、TTES-2017-S-No.04，平均單株果實產量分別為 350.4 g、305.5 g、147.9 g 以及 141.4 g，以目前之樹體體積約為 0.6 m^3 推估，未來每公頃 800 株產量約為 8,409.6 kg、7,332.0 kg、3,549.6 kg 以及 3,393.6 kg。平均果實重量，則以 TTES-2017-S-No.12 最高達 4.6g，其次為 TTES-2017-S-No.15 之 3.8 g 及 TTES-2017-S-No.04 之 3.5 g，最低為 TTES-2017-S-No.11，每粒重僅有 2.1 g。果徑以 TTES-2017-S-No.12 之 20.9 mm 最大、其次為 TTES-2017-S-No.06 之 20.0 mm 以及 TTES-2017-S-No.04 之 19.7 mm；果徑最小者為 TTES-2017-S-No.01 為 13.87 mm。然而實際觀察單株果實大小於單株內變化較大，標準差為 2.0 mm 以上（Table 1）。由於油茶樹之結果率以及產量仍未趨穩定，將來將持續進行各品系之性狀調查。

臺南場雲林分場 110 年度已完成建立耐物候油茶試驗圃，進行 5 個大果油茶及 5 個小果油茶優良耐物候豐產品系選育及性狀調查。經初步調查結果：目前 5 個大果油茶優良耐物候品系包括臺南選-雲林-01、臺南選-雲林-02、臺南選-雲林-03、臺南選-雲林-04、臺南選-雲林-05，株高介於 1.3 m-1.8 m 之間，葉長介於 47 mm -88 mm 之間，葉寬介於 27 mm -46 mm 之間，花徑介於 64 -95 mm 之間，果徑介於 33-51 mm 之間，成熟後果實有紅黃綠色、黃綠色等，果實形態為圓形(Table 2)。5 個小果油茶優良耐物候品系包括臺南選-雲林-11、臺南選-雲林-12、臺南選-雲林-13、臺南選-雲林-14，臺南選-雲林-15，株高介於 1.1m-1.4 m 之間，葉長介於 40 -50 mm 之間，葉寬介於 19 mm -30 mm 之間，花徑介於 34-45 mm 之間，果徑介於 12-25 mm 之間，成熟後果實有紅黃綠色、黃綠色等，果實形態有圓形、橢圓形等(Table 3)。未來將持續進行性狀調查及產量調查，以選育優良耐物候之油茶品系。

Table 1. Yield comparison of *Camellia brevistyla* strains in TRES in 2021(9 plants per strain).

Strain code (the second year of planting)	Average fruit yield per plant (g)	Average number of fruits per plant	Average fruit weight (g)	Average fruit diameter (mm)	Yield per hectare (kg)	Estimated tree yield per hectare (kg)
TTES-2017-S-No.01	35.9	18.9	1.9	13.8±2.0	28.7	861.6
TTES-2017-S-No.02	42.7	19.0	2.2	17.4±3.3	34.2	1,024.8
TTES-2017-S-No.03	70.0	29.0	2.4	17.1±2.7	56.0	1,680.0
TTES-2017-S-No.04	141.4	39.9	3.5	19.7±2.9	113.1	3,393.6
TTES-2017-S-No.05	72.4	23.6	3.1	16.7±2.2	57.9	1,737.6
TTES-2017-S-No.06	85.7	25.1	3.4	20.0±2.8	68.6	2,056.8
TTES-2017-S-No.07	37.4	15.8	2.4	17.4±3.2	29.9	897.6
TTES-2017-S-No.08	147.9	49.0	3.0	16.8±2.4	118.3	3,549.6
TTES-2017-S-No.09	113.8	35.8	3.2	18.4±3.2	91.0	2,731.2
TTES-2017-S-No.10	68.3	27.5	2.5	16.1±2.8	54.6	1,639.2
TTES-2017-S-No.11	350.4	167.1	2.1	16.9±3.5	280.3	8,409.6
TTES-2017-S-No.12	305.5	66.4	4.6	20.9±4.1	244.4	7,332.0
TTES-2017-S-No.13	37.2	19.0	2.0	15.7±1.9	29.8	892.8
TTES-2017-S-No.14	73.2	26.6	2.8	17.1±3.0	58.6	1,756.8
TTES-2017-S-No.15	47.4	12.3	3.8	18.8±3.3	37.9	1,137.6

Table 2. Investigation on growth characteristics of selected *Camellia oleifera* strains in TNDARES in 2021.

Strain code (5 years old)	Plant height (m)	Leaf length (mm)	Leaf width (mm)	Flower width (mm)	Fruit diameter (mm)	Fruit color	Fruit shape
Tainan selected Yunlin-01	1.5	72-88	38-46	70-85	34-49	Yellow green	Round
Tainan selected Yunlin-02	1.7	60-72	34-40	64-86	38-48	Yellow green	Round
Tainan selected Yunlin-03	1.5	64-72	30-40	70-80	38-51	Yellow green	Round
Tainan selected	1.8	47-72	27-30	70-90	33-41	Red	Round

Yunlin-04						yellow green	
Tainan selected Yunlin-05	1.3	66-75	31-35	80-95	42-50	Yellow green	Round

Table 3. Investigation on growth characteristics of selected *Camellia brevistyla* strains in TNDARES in 2021.

Strain code (5 years old)	Plant height (m)	Leaf length (mm)	Leaf width (mm)	Flower width (mm)	Fruit diameter (mm)	Fruit color	Fruit shape
Tainan selected Yunlin-11	1.4	45-50	20-25	36-38	17-25	Yellow green	Round
Tainan selected Yunlin-12	1.3	42-50	19-26	40-45	16-21	Yellow green	Round
Tainan selected Yunlin-13	1.3	45-50	23-26	34-41	12-23	Red yellow green	Round
Tainan selected Yunlin-14	1.1	45-50	28-30	34-35	18-22	Yellow green	Round
Tainan selected Yunlin-15	1.1	40-50	20-24	36-45	20-23	Yellow green	Oval

參考文獻

1. 丁昭伶. 油茶栽培管理及利用手冊. 行政院農業委員會農糧署. 臺北. 臺灣
2. Hu, G., C. Gao, X. Fan, W. Gong, and D. Yuan. 2020. Pollination compatibility and xenia in Camellia oleifera. HortScience 55(6):898-905.
3. Huang, Y.C. 2014. Growth and Development Behavior and Seasonal Changes of Seed Oil Composition of *Camellia tenuifolia* (Hay.) Coh. National Taiwan University. Master's thesis.
4. Li, C.L. 2011. Study on the biological character of blossom and cross ability test of *Camellia oleifera*. Southwest University. Master’s thesis. Chongqing.
5. Liao, T., D.Y. Yuan, F. Zou, C. Gao, Y. Yang, L. Chang, and X.F. Tan. 2014. Self-sterility in *Camellia oleifera* may be due to the prezygotic late-acting self-incompatibility. PLOSE ONE 9(6):1-11.
6. Lin, S.Y. 2010. Studies on the Leaf Characters and ISSR DNA Variation of Oiltea Camellia Germplasm in Taiwan. National Taiwan University. Master's thesis. Taipei.
7. Wang, R.C., J.S. Chang. 2018. Establishment of grafting technology and production system of *Camellia oleifera*. Tainan agricultural news. 105:8-11.

高產值耐候性飲料作物之選育

邱垂豐[1]、胡智益[1]、張淑芬[2]、劉千如[3]、游之穎[4]、龔財立[5]
翁世豪[3]、余錦安[6]、黃校翊[6]、羅國偉[5]、施伯明[5]、廖婉蓁[4]、李國華[1*]

[1]行政院農業委員會茶業改良場。
[2]行政院農業委員會農業試驗所嘉義農業試驗分所。
[3]行政院農業委員會茶業改良場魚池分場。
[4]行政院農業委員會花蓮區農業改良場蘭陽分場。
[5]行政院農業委員會桃園區農業改良場新埔工作站。
[6]行政院農業委員會茶業改良場臺東分場。
*通訊作者 E-mail：kuohua885@ttes.gov.tw

摘要

一、臺灣商用茶市場年產值可達千億，茶業改良場依據茶樹生長勢初步篩選出20個樹勢中強以上的候選品種，並考量特定成分含量高且單位重量溶出率高等特性，再從中篩出10個高化學成分的品種作為商用茶候選品種，包括大葉種臺茶1、3、8及18號等4個品種；小葉種為水仙、青心柑仔、臺茶12、17、22及23號等6個品種。

二、臺灣咖啡栽培面積已達1,167公頃，生豆產量約1千公噸，產值在10億元左右。農業試驗所嘉義分所歷經多年研究，培育出臺灣第1個本土自行育成的咖啡新品種'台農1號'，具有生長強健的特性，平地種植表現良好，烘焙豆杯測品評可達精品咖啡等級；茶業改良場針對阿里山地區及古坑地區咖啡品種進行 SSR 標誌分析，確認各單株品種，可做為國內咖啡品種農藝性狀辨別之基礎資料，並篩選優良品系，建立咖啡生長及品質之評估標準。

三、仙草每年利用量及進口量大，為活化休耕地之重要進口替代作物之一。仙草除可製成多種產品利用，開花亦具景觀價值，且可吸引大量蜜蜂，兼具經濟、景觀與生態價值，目前桃園區農業改良場選出 TYM15002及 TYM17012等2個較耐旱的品系。另經濟栽培仙草通常於秋冬季開花前採收，適逢東臺灣地區東北季風開始盛行之際，花蓮區農業改良場選育適合東部地區栽培之仙草品系，以利於臺灣東部地區推廣應用。

關鍵字：商用茶、咖啡、仙草、耐候性、育種

前言

臺灣飲料作物以茶葉、咖啡、香草茶(herb tea)為代表，其中仙草歸類在香草茶中，除了可做主體飲料外，也可做為其他茶飲料的調味配方。茶葉在臺灣栽培面積約為12,000公頃，粗製茶年產值約為80億，經過精製加工，末端精品茶與商用茶市場之產值可達上千億；咖啡在臺灣栽培面積約為1,200公頃(農糧署，2020)，生豆年產值約為10億，經過精製烘焙後，末端精品咖啡與商用咖啡市場產值可達450億；仙草在臺灣栽培面積約為100-120公頃(龔與姜，2014)，年產值約為7,200萬，目前加工方式已有精進，且已有包裝仙草凍商品上市，後續產值可望突破億元大關。三種作物堪稱為臺灣最有產值的飲料作物，但目前面臨全球氣候變遷，影響國內飲料作物產製；進口農產品低價競爭等問題，故本計畫擬針對耐候性品種進行選育，以期推出適合臺灣本土種植且具有特色化風味的新品種。

臺灣茶產業發展迄今已有久遠歷史，隨者時代演變，已轉變為各地區生產其特色精品茶，如新北市文山包種茶及三峽碧螺春茶、臺北市木柵鐵觀音茶、桃竹苗地區東方美人茶、南投日月潭紅茶及凍頂烏龍茶，南投與嘉義的高山茶及臺東地區紅烏龍等臺灣八大特色茶類，精品茶總產值約為 250 億元。但隨著國內外環境、市場快速變遷與消費需求、習性改變之下，飲料茶市場不斷擴大，國內茶菁供不應求，許多飲料大廠每年都需仰賴進口茶補足飲料市場缺口，其進口量約佔全國茶葉量之 2/3。另根據經濟部及食品工業研究所資料統計，飲料店業（手搖杯業）營業額較 2017 年成長 5.6%，達 537.8 億；另包裝茶飲營收高達 198.0 億元，兩者原料均來自於商用茶，故商用茶的產值實已高於精品茶。然而目前育種方向多以精品茶為選育目標，未針對商用茶之目標選育。商用茶茶樹品種之選育目標，除了評估高產、生長勢強、適合機械化採摘外(翁等，2018)，另需考慮飲料業者需求，包含特定成分含量高且單位重量溶出率高等特性進行化學成分篩選。此外，由於商用茶主要產區包括桃竹苗產區及南投民間產區，常常遇到乾旱或缺乏灌溉水問題，嚴重影響茶菁產量與品質，故耐旱的茶樹品種也是重要的選拔指標之一。本計畫擬篩選耐旱性兼具廣適製性，滋味濃郁且適合冷泡/冰飲之商用茶品種，後續將輔導國內生產商用茶的茶農與茶企業種植最適商用茶品種，國內生產的商用茶原料可望取代部分進口茶原料，以強化國產茶競爭力。

咖啡是世界性的重要飲料作物，全球的產值逐年增加，臺灣由於飲料消費型式改變，造成咖啡消費的需求量顯著增加。目前全臺咖啡栽培面積已達 1,167 公頃，栽培面積仍逐年增加中，其中超過 100 公頃以上的產區有南投縣、嘉義縣、高雄市、屏東縣、臺東縣，但是各咖啡產區產量差異嚴重不均，加上近年來氣候變遷氣溫升高影響咖啡樹的生長，病蟲害增加(朱等，2017)，環境逆境造成災損，

使咖啡產量與品質受到影響，且國內咖啡品種(系)混雜，無標準之種原評估系統(張，2007; 張等，2012; 林，2008)。本計畫擬透過咖啡產區地區性優良單株選拔及人工雜交，選育不同個體之農藝性狀，篩選出樹勢強壯、抗旱、抗病蟲、特殊風味之優質新品系，進而選育產量穩定的耐旱、耐病品種，以因應不同海拔高度的物候性栽培，同時建立咖啡生長及品質之評估標準，並輔導不同產區的農民種植適合產區風土條件的耐候性咖啡品種，提升主要產區咖啡產業的產能與品質，協助咖啡產業持續發展。

仙草不僅為臺灣重要特色飲料作物，亦為農業政策對地綠色環境給付計畫契作戰略作物之一，開花亦極具景觀價值，可應用於觀光休閒農業。近來極端氣候發生頻率增加，時為乾旱，時為劇烈降雨，影響作物生產至鉅，仙草屬淺根性作物，遇久旱不雨，或連綿霪雨，均會影響生育，產生品質及產量降低等問題；另仙草傳統採收適期為開花前，仙草開花期集中於秋冬季(姜等，2000)，東北部採收易受東北季風降雨影響，觀光價值亦受限。故本計畫擬選育不同開花期且耐澇或耐旱之仙草品系，不但可延長採收時期或觀賞期，也可因應極端氣候乾旱或霪雨之影響，增加仙草於臺灣各地栽培與應用價值。

在商用茶耐候新品種育成是由茶業改良場執行;咖啡耐候新品種育成是由農業試驗所嘉義分所及茶業改良場共同執行;仙草耐候新品種育成是由桃園區農業改良場與花蓮區農業改良場共同執行。以下針對三種作物，不同育種單位執行成果分別進行介紹。

執行進度與成果

一、高產值耐候性適製商用茶之選育(茶業改良場執行)

(一)根據生長勢初篩商用茶品種：

商用茶茶樹品種之選育目標，第一目標是優先評估高產、生長勢強、適合機械化採摘等條件。本計畫自茶改場品種園保存現有之台茶系列以及地方茶樹 30 個品種中，依據生長勢初步篩選出 20 個樹勢中強以上的候選品種，另加入 2 個樹勢中的對照品種（青心大冇、青心柑仔）(表一)。此外，考量飲料業者需求，包含特定成分含量高且單位重量溶出率高等特性需要進行化學成分篩選，故本計畫以春季製作綠茶；夏季製作紅茶，以進一步分析其成茶之化學成分。

(二)可溶性化學成分分析：

本計畫利用高效液相層析（HPLC）及分光光度計(Ikegaya and Masuda, 1986)分析各參試品種之紅茶及綠茶的可溶性化學成分，可以發現在製作綠茶時(表二)，大葉種的兒茶素、咖啡因、茶胺酸、多元酚、游離胺基酸平均為 142.5、19.9、2.8、134.3、8.5 mg/g，小葉種為 118.0、18.6、2.09、121.3、9.5 mg/g，代

表大葉種在製作成綠茶時，可以提供較多的滋味與苦澀感，有利於商用茶的拼配。而雖然小葉種的平均成份不如大葉種來得多，但是臺茶 12、17 號的兒茶素；水仙的茶胺酸都有大葉種的水準，有製作商用茶的潛力。在夏季製作紅茶方面(表三)，兒茶素、咖啡因、茶胺酸、多元酚、游離胺基酸含量在大葉種分別為 47.5、14.7、2.0、83.8、8.7 mg/g；小葉種分別為 54.3、11.7、1.4、75.3、13.0 mg/g。本次試驗分析的結果，大葉種在咖啡因、茶胺酸、多元酚部分較多，小葉種則是兒茶素含量稍微多於大葉種，此點與預期不同，推測有可能是因夏季製作紅茶，不同茶樣之間發酵（氧化）程度不同，而導致兒茶素氧化程度不一致，但部分氧化較重的茶樣也有反應在多元酚的呈現上（大葉種平均高於小葉種)。

表一、臺茶商用茶候選品種清單：

品種	**生長勢**	**萌芽期**	**茶芽顏色**
臺茶 1 號	強	早生	紫黃綠
臺茶 2 號	強	早生	黃綠
臺茶 3 號	強	早生	紫綠
臺茶 4 號	中強	晚生	黃綠
臺茶 8 號	強	早生	黃綠
臺茶 9 號	強	晚生	綠
臺茶 10 號	強	早生	黃綠
臺茶 11 號	強	早生	黃綠
臺茶 12 號	中強	中生	紫綠
臺茶 14 號	強	中生	綠
臺茶 15 號	中強	中生	綠
臺茶 17 號	強	早生	綠
臺茶 18 號	強	早生	黃綠
臺茶 19 號	中強	中生	綠
臺茶 20 號	中強	中生	紫綠
臺茶 21 號	強	中生	綠
臺茶 22 號	強	早生	紫綠
臺茶 23 號	強	早生	紫綠
四季春	中強	早生	紫黃綠
水仙	中強	中生	綠
青心大方	中	中生	紫綠
青心柑仔	中	早生	綠

表二、本試驗春季參試品種製成綠茶之化學成分分析：　　單位:mg/g

大葉種	兒茶素	咖啡因	茶胺酸	多元酚	游離胺基酸
TTES01	138.8	18.3	1.83	142.8	7.6
TTES02	141.1	18.9	1.48	130.1	7.4
TTES03	156.4	21.2	3.36	151.8	9.2
TTES08	135.9	25.6	4.56	127.7	10.7
TTES10	151.3	17.0	2.33	142.4	8.0
TTES11	127.3	18.4	3.21	110.9	8.9
TTES18	146.8	19.7	2.60	134.6	7.4
平均	142.5	19.9	2.8	134.3	8.5

小葉種	兒茶素	咖啡因	茶胺酸	多元酚	游離胺基酸
TTES12	135.4	18.4	1.93	128.2	7.2
TTES17	137.4	23.4	1.67	135.5	7.8
TTES19	111.9	12.1	2.12	85.3	7.8
TTES23	113.3	23.7	-	127.9	15.9
青心柑仔	95.1	18.9	2.08	125.4	10.4
水仙	120.0	19.6	3.43	119.8	10.9
四季春	112.6	14.3	1.32	127.3	6.8
平均	118.0	18.6	2.09	121.3	9.5

註、本表中的兒茶素（個別兒茶素總和）、咖啡因及茶胺酸利用 HPLC 分析；多元酚、游離胺基酸為利用分光光度計分析。

表三、本試驗夏季參試品種製成紅茶之化學成分分析：　　單位:mg/g

大葉種	**兒茶素**	**咖啡因**	**茶胺酸**	**多元酚**	**游離胺基酸**
TTES01	56.6	24.3	4.62	102.7	12.2
TTES02	23.0	16.0	0.38	57.8	4.1
TTES03	35.4	18.5	1.64	66.8	6.9
TTES04	23.4	13.2	0.56	58.1	4.2
TTES08	53.4	14.1	3.55	81.5	12.9
TTES09	35.8	11.5	2.00	72.7	8.1
TTES10	34.2	9.4	0.61	74.9	5.9
TTES11	43.1	12.8	1.41	91.0	7.6
TTES18	79.4	15.0	4.33	114.9	18.1
TTES21	90.2	12.1	0.99	117.8	6.7
平均	47.5	14.7	2.0	83.8	8.7

小葉種	兒茶素	咖啡因	茶胺酸	多元酚	游離胺基酸
TTES06	18.0	18.2	1.15	66.8	6.4
TTES12	38.0	10.3	1.86	59.9	10.3
TTES14	60.0	9.3	1.06	74.9	7.3
TTES15	62.6	8.3	0.38	84.6	5.5
TTES17	53.9	11.3	1.93	56.4	13.9
TTES22	42.8	14.4	-	53.1	30.9
青心大冇	10.3	10.2	-	59.4	7.5
青心柑仔	58.0	13.1	-	95.4	13.9
大葉烏龍	66.5	12.8	-	81.9	11.5
水仙	60.5	12.5	-	81.2	17.4
平均	54.3	11.7	1.4	75.3	13.0

註、本表中的兒茶素（個別兒茶素總和）、咖啡因及茶胺酸利用 HPLC 分析；多元酚、游離胺基酸為利用分光光度計分析。

(三)篩選適用商用茶品種：

由於大葉種與小葉種遺傳特性不同，各自含有的化學成分亦不同，通常大葉種所含的多元酚類（含兒茶素）、咖啡因含量較高；小葉種所含的胺基酸類（含茶胺酸）含量較高，故本分析將大葉種與小葉種分開篩選商用茶品種。

以多元酚類（含兒茶素）含量來看，在大葉種中，臺茶 1 號、3 號、8 號、10 號、18 號、21 號等 6 個品種在一季或兩季茶中，均呈現高於大葉種平均值的品種；在小葉種中，臺茶 12 號、17 號、22 號、23 號、青心柑仔、水仙、四季春等 7 個品種在一季或兩季茶中，均呈現高於小葉種平均值的品種。

以咖啡因含量來看，在大葉種中，臺茶 1 號、2 號、3 號、8 號、18 號等 5 個品種在一季或兩季茶中，均呈現高於大葉種平均值的品種；在小葉種中， 17 號、22 號、23 號、青心柑仔、水仙等 5 個品種在一季或兩季茶中，均呈現高於小葉種平均值的品種。

以胺基酸含量來看，在大葉種中，臺茶 1 號、3 號、8 號、18 號等 4 個品種在一季或兩季茶中，均呈現高於大葉種平均值的品種；在小葉種中，臺茶 12 號、17 號、22 號、23 號、青心柑仔、水仙等 6 個品種在一季或兩季茶中，均呈現高於小葉種平均值的品種。

由於總多元酚（含兒茶素）及咖啡因代表茶湯中的苦澀程度，也代表滋味的強烈程度，胺基酸類（含茶胺酸）代表茶湯中的甘味，而商用茶多數以冷水或冰飲沖泡，滋味需要更為強烈。綜合三大類成分中，大葉種中，三大類成分均較平均值高的品種有臺茶 1 號、3 號、8 號、18 號等 4 個品種。小葉種中，三大類成

分均較平均值高的品種有臺茶 17 號、22 號、23 號、青心柑仔、水仙等 5 個品種，臺茶 12 號有兩大類成分高於平均值。

(四)大葉烏龍品系比較試驗圃建立：

臺東分場自民國108年開始，進行大葉烏龍後代選育，初篩大葉烏龍優良3品系(1、2、3)，並與對照品種（大葉烏龍、臺茶12及20號）進行田間種植。目前田間表現以品系3植株較為健壯，其次為品系1。

二、高產值耐候性咖啡之選育(茶業改良場執行)

(一)現有咖啡品種(系)鑑別：

調查國內農友現有咖啡品種(系)，調查生長勢、單株產量、抗病蟲害等農藝性狀及生豆品質，選擇抗病力佳以及產量高或特殊風味之咖啡單株進行 SSR 標誌鑑別(陳，2010)，篩選具潛力之品種(系)，調查結果如表四及表五。預計選出各 2 個優良品種(系)進行雜交試驗，並分析其親緣關係。

(二)進行優良咖啡雜交試驗：

1、人工雜交親本選擇特性：

波旁種(Bourbon）為原始阿拉比卡種的天然變種，中南美洲常用作咖啡育種之親本，國內引進栽種歷史較久，抗病蟲害性強品種；泰國種為本場近年引進的抗病品種；SL34 肯亞 Scott 實驗室以 Bourbon 子代和 heirloom 進行雜交所產生，藝伎（Geisha）源自伊索比亞，但主要由巴拿馬培育而出。SL34 及藝伎為近年國人較大量栽種的新興品種。其特色如表六，農藝性狀調查及方式如表七及表八。

表四、嘉義縣阿里山鄉篩選現有具潛力之品種系：

代號	農友姓名	咖啡樹特殊性狀描述	樹苗取得來源	種植地點	實驗室分析咖啡品種分類
AS01	吳**	葉子顏色較深，形狀較圓	友人提供	阿里山鄉樂野村	SL-34 x Bourbon
AS02	吳**	果實很大顆，葉子比一般鐵比卡大，風味差異很大	友人提供	阿里山鄉樂野村	SL-34 x Bourbon
AS03	林**	果實較一般 typica 為小且部分豆形長，果實成熟轉紫紅時，果實一樣很硬，不似一般 typica	山上看見直接移苗	中埔鄉	Bourbon x Ethiopia Landrace
AS04	洪**	綠色微捲	部份購買，部份自己小苗	梅山鄉	Bourbon
AS05	范**	長短節間皆有、葉芯紫色、古銅、綠色皆有	朋友贈送	嘉義縣番路鄉	SL-34 x Bourbon
AS06	徐**	葉心淡褐色，產量高	阿里山取得	達邦	Typica
AS07	徐**	葉心綠	自育	阿里山鄉達邦村	Geisha (藝伎)
AS08	陳**	葉芯綠色，長節間，	附近農友	嘉義縣梅山鄉	Typica x Bourbon
AS09	陳**	果實較為狹長 葉芯綠色	附近農友	嘉義縣梅山鄉	Introgressed Variety
AS10	陳**	綠芯 樹種較矮 葉型波浪多	附近農友	嘉義縣梅山鄉	Ethiopia Landrace(衣索比亞地方品種)
AS11	陳**	綠芯 版型較寬	附近農友	嘉義縣梅山鄉	SL-34
AS12	陳**	葉片較小 節間較為密集	附近農友	嘉義縣梅山鄉	SL-34
AS13	陳**	葉面較長條綠色	購置	樂野段	Bourbon
AS14	曾**	葉子顏色為深綠色，葉子形狀大且厚度比一般咖啡葉厚,不知是何品種？大約有 30 顆左右	鳥類從別處吃完咖啡豆後播種	梅山鄉	Catuai
AS15	蔡**	葉子顏色是波浪狀，矮株 茂密 豆形長	朋友給	嘉義縣梅山鄉	Typica
AS16	蔡**	葉子長 芯是古銅色 豆子偏小顆	原本的土地上就有的	嘉義縣梅山鄉	Caturra
AS17	蔡**	葉子瘦長 豆子瘦長 矮株	朋友給的	嘉義縣梅山鄉	Caturra
AS18	鄭**	頂葉綠心果實紅色樹形較大	台中	阿里山鄉達邦	Typica x Ethiopia Landrace (Geisha)
AS19	蘇**	咖啡果長又尖，新芽偏黃、同一顆有的芽綠、有的黃	購買的	番路鄉	Ethiopia Landrace
AS20	蘇**	綠心節間特別長，果實少	購買來的	番路鄉	Ethiopia Landrace
AS21	蘇**	綠心、節間中等、果實較圓，	購買的	番路鄉	Ethiopia Landrace
AS22	蘇**	綠心長節，枝條 45 度、豆子很大顆	購買來的	番路鄉	Ethiopia Landrace

2、進行優良咖啡雜交試驗：

阿拉比卡種咖啡多數為自花授粉型，必須於花朵開放前進行人工雜交。本年度進行 SL34（♂）及 Geisha（♀）之人工雜交，授粉花朵 100 朵，預計於今年底採收果實進行播種（圖 1、圖 2 及圖 3）。

表五、雲林縣古坑鄉篩選現有具潛力之品種系：

代號	農友姓名	咖啡樹特殊性狀描述	樹苗取得來源	種植地點	實驗室分析咖啡品種分類
BS01	王**	藝技一代木，葉大略圓，節間短，綠芯。果食大果肉后，成熟時菊紅色，種子 15 目，豆圓。口感甜度高，柑橘味強	購買來的	草嶺段	Ethiopia Landrace
BS02	王**	藝技二代木，葉長較尖，節間中等，綠芯。果子大，果肉后，豆長，約 15 目。風味柑橘，荔枝蜜。（成熟期一致）	購買來的	草嶺段	Geisha (藝伎) x Bourbon(波旁)
BS03	李**	1.長節間長豆型。 2.長節間圓豆型	向農民購買	草嶺段	Geisha (藝伎)
BS04	李**	短節間 紅芯	跟農民購買		Typica-1 (鐵比卡-1)
BS05	李**	葉子綠色，葉芯紅頂，果紅色	朋友送	桂林村	Bourbon (波旁) x Typica (鐵比卡)
BS06	林**	果實紅色，比一般鐵比卡大	農民購買	草嶺段	Bourbon (波旁) x Typica (鐵比卡)
BS07	高**	綠葉、果實成熟為櫻桃色	日據時代延續	荷苞段	Bourbon (波旁) x Typica (鐵比卡)
BS08	郭**	果實桃紅色，葉芯棕紅色	阿里山購買	苦苓腳段	Bourbon (波旁) x Typica (鐵比卡)
BS09	郭**	葉色泛紅	台中市	草嶺段	SL-28 or 34
BS10	郭**	綠心	巴拿馬	草嶺	Typica-2 (鐵比卡-2)
BS11	郭**	節間短	巴拿馬	草嶺	Catuai (卡杜艾)
BS12	郭**	紅心長節間	台中市	草嶺	SL-28 or 34
BS13	郭**	綠心長節間	夏威夷	草嶺	Bourbon (波旁)
BS14	陳**	葉大、紅頂、果實大	自己育苗	草嶺段	SL-34
BS15	陳**	綠頂、葉大、果實大、荔枝風味強	附近農場	草嶺段	Ethiopia Landrace (衣索比亞地方品種)
BS16	陳**	黃藝伎、葉子顏色綠色熟果黃色、大果藝伎、葉子顏色綠色熟果紅色	購買苗	草嶺段	Ethiopia Landrace (衣索比亞地方品種)
BS17	陳**	綠葉、熟果黃色	購買苗	草嶺段	Typica (鐵比卡) x Geisha (藝伎)
BS18	陳**	葉子綠色、熟果紅色	購買苗	草嶺段	Typica-2 (鐵比卡-2)
BS19	陳**	葉子綠色、熟果紅色	農友	草嶺村	SL-34
BS20	陳**	紫葉、果實暗紅	購買品種有 SL 34	草嶺段	SL-34
BS21	陳**	整株紫色葉子	自己培育變種	草嶺段	SL-34
BS22	陳**	一般綠色黃色果實	購買	草嶺段	Yellow Catuai (黃卡杜艾)
BS23	葉**	果實採種育苗原本是紅皮，卻種出黃皮果實	附近農場	草嶺段	Typica (鐵比卡) x ?
BS24	廖**	熟果顏色不同	附近農場	豐山村	Typica-2 (鐵比卡-2)

BS25	廖**	綠葉紅頂，熟果為紅色，支條較脆	人家送的	樟湖段	Typica (鐵比卡) x Catuai (卡杜艾)
BS26	劉**	古銅色、綠頂、咖啡豆黃色的	自行採集	高厝林子頭段	SL-34
BS27	賴**	青芯黃果藝伎	自行採集	草嶺段	Ethiopia Landrace (衣索比亞地方品種)
BS28	賴**	青芯黃果長枝節長果	自行採集	草嶺段	Ethiopia Landrace (衣索比亞地方品種)
BS29	賴**	青芯果型特長	自行採集	草嶺段	Geisha contaminated (混血藝伎)
BS30	賴**	青芯短枝節橘果	自行繁殖	草嶺段	Ethiopia Landrace (衣索比亞地方品種)
BS31	謝**	長枝節、綠頂、黃果	自園育種突變	草嶺段	Geisha (藝伎) x Bourbon (波旁)
BS32	謝**	葉大、綠芯、大果紅色、荔枝味強	自園二代培植	草嶺村	Typica (鐵比卡) x Geisha (藝伎)
BS33	謝**	葉子窄、紅芯、紅果、牛奶味	石壁	草嶺段	Typica-1 (鐵比卡-1)
BS34	謝**	長枝節、綠頂、橘色果實、荔枝味	自己育苗突變	草嶺段	Ethiopia Landrace (衣索比亞地方品種)
BS35	謝**	葉子大、紅芯、古優種	比度咖啡購買	草嶺段	Typica (鐵比卡)
BS36	簡**	葉綠，葉芯咖啡色，熟果紅	農友贈送	水碓段	Typica-1 (鐵比卡-1)
BS37	羅**	綠葉 綠芯　黃果	附近農場	草嶺段	Typica (鐵比卡)
BS38	羅**	綠葉 綠芯 紅果	台中	草嶺段	Ethiopia Landrace (衣索比亞地方品種)
BS39	羅**	綠葉 綠芯 紅果	台中	草嶺段	Ethiopia Landrace (衣索比亞地方品種)
BS40	蘇**	葉子顏色	嘉義購買	草嶺段	SL-28?
BS41	蘇**	葉子	嘉義縣	草嶺段	Geisha (藝伎) x Bourbon (波旁)
BS42	賴**	黃果綠頂	自行採摘	草嶺段	Ethiopia Landrace (衣索比亞地方品種)
BS43	賴**	黃果綠頂	自行採取	草嶺段	Ethiopia Landrace (衣索比亞地方品種)
BS44	賴**	紅果 短節 綠頂著多產	自行採集	草嶺段	Geisha (藝伎) x Bourbon (波旁)
BS45	賴**	長果 綠頂	自行採集	草嶺段	Geisha (藝伎) x Bourbon (波旁)
BS46	賴****	特大長果 綠頂	自行採集	草嶺段	Ethiopia Landrace (衣索比亞地方品種)
BS47	賴	綠頂 橢圓果然樹型特別強健	自行採集	草嶺段	Geisha (藝伎)

表六、咖啡人工雜交之親本表現特色：

品種	泰國引入種	波旁種 Bourbon	SL34	藝伎 Geisha
品種特色	泰國引入種 花期較一致 節間短、植株矮、採收方便 受風面小 抗炭疽病	花期較 Typica 晚 植株矮、受風面小 風味品質佳	耐旱、耐寒及高產、風味品質佳 海拔敏度較差 易感染銹病及炭疽病	抗銹病及炭疽病 優異的風味品質 風味品質佳 海拔敏度較高。

表七、咖啡雜交親本基本農藝性狀調查：

農藝性狀	泰國引入種	波旁種	SL34	藝伎
主幹與第一次分支夾角	40 度	55 度	59±13.75	51.67±7.9
節間長度(度)	33.54	54.118	8.55±1.59	7.79±1.37
成熟葉長(cm)	13.19	12.59	17.92±2.41	16.42±1.56
成熟葉寬(cm)	5.91	5.78	8.25±1.19	7.81±0.77
成熟葉長寬比	2.23	2.17	2.18±0.16	2.10±0.17
成熟葉面積(cm2)	51.48	48.03	99.22±26.41	85.20±15.06
平均種子長(mm)	11.54	12.52	13.11±0.88	待成熟
平均種子寬(mm)	7.68	9.55	9.63±0.7	待成熟
平均種子厚(mm)	4.604	5.276	5.96±0.69	待成熟
平均種子長寬比	1.5	1.31	1.36±0.11	待成熟

圖 1、咖啡去雄蕊

圖 2、咖啡授粉

表八、咖啡雜交親本基本農藝性狀性狀及方法：

性狀調查	調查標準	調查方法
主幹與第一次分枝夾角	測量第十個節附近主幹與一次分支角度	量角器
節間長度	測量第十個節間上一、二年生枝條，取五個平均。	游標尺
成熟葉長	測量一、二年生枝條上，葉片尖端到葉炳之長度，取五個平均。	游標尺
成熟葉寬	測量一、二年生枝條上，葉片最大寬幅之寬度，取五個平均。	游標尺
成熟葉長寬比	葉片長寬比	
成熟葉面積	測量一、二年生枝條上之葉片面積，取五個平均。	長乘寬在乘系數 0.66
帶殼種子長	取成熟將果，將果肉完全移除後進行測量，腹面朝上之兩端長度，取五粒平均。	游標尺
帶殼種子寬	取成熟將果，將果肉完全移除後進行測量，腹面朝上之最大寬幅寬度，取五粒平均。	游標尺
帶殼種子厚度	取成熟將果，將果肉完全移除後進行測量，種子中心與其垂直對應之厚度，取五粒平均。	游標尺
帶殼種子長寬比	帶殼種子長寬比。	

圖 3、咖啡授粉後套袋

三、優質耐候性咖啡新品種選育(農業試驗所嘉義農業試驗分所執行)

(一)建立咖啡品系比較試驗園：

建立初選咖啡品系比較試驗園，進行種植咖啡品系植株，每一品系咖啡苗以 40 立方公分植穴、行株距 2.5 公尺進行種植，每一品系種植 10 株，以一般咖啡慣行農法栽培管理，進行咖啡優良候選品系植株觀察選拔的初選、複選工作(朱，1958、1980；張，2015、2018；張等，2006、2011)。

(二)進行咖啡品種性狀檢定調查及咖啡品種權申請：

種植咖啡優良候選品系 102A-10-1 的無性繁殖植株，進行品種性狀檢定調查，利用咖啡品種試驗檢定方法及品種性狀表，評估植株的性狀資料進而選育出(品系編號 102A-10-1)植株，並經行政院農業委員會於 110 年 7 月 5 日公告核准咖啡’台農 1 號’植物品種權，品種特性概要為植株圓柱型(圖 4)、斜生的主要分枝節間長度短、開張程度小至中，葉片橢圓形，葉尖尖形、葉基楔形、新葉顏色無花青素、葉緣波浪極弱、側脈深度深，花序花朵數目中、花朵大小中型，果實形狀橢圓形、顏色紅色、著生分枝開張程度中至大、開花至收穫之間的時期中至長，種子長度短、寬度極窄至窄、長寬比中等、厚度薄、100 粒種子乾重低至中。咖啡育種除了進行外表型態的選拔，也篩選高產與抗病等特性，性狀表現受到環境與遺傳因子的交互作用影響(Bertrand *et al*., 2021)。本品種具有生長強健的特性，平地種植表現良好，中低海拔也適合種植，果實紅色橢圓形(圖 5)，產量高，約為目前國內咖啡栽培品種平均產量的 1.2 倍。水洗處理的生豆，經烘焙後，杯測品評可達美國精品咖啡協會(SCAA)杯測量表 80 分以上「精品咖啡」等級，具有質地溫和的果酸、豐富堅果香氣、體脂感厚、餘韻長之優秀咖啡風味。

圖 4.咖啡台農 1 號植株。

圖 5.咖啡台農 1 號果實。

四、耐旱仙草品種選育(桃園區農業改良場執行)

目前完成耐旱仙草品種選育TYM16087等8個品系(種)第1年品系試驗及TYM15002等6個品系(種)第2年品系試驗定植及盆栽耐旱性檢定，選出TYM15002(圖6)及TYM17012(圖7)等2個較耐旱的品系。完成耐旱仙草品種選育試驗定植與定時水分管理設備及鋪設防草蓆等作業，節省人力，提升試驗效率。盆栽耐旱檢定試驗設置土壤水分張力計監控水分含量，期建立仙草耐旱性檢定試驗準則。

圖 6.耐旱品系 TYM15002。

圖 7.耐旱品系 TYM17012。

五、適合東部地區栽培之耐候性仙草品種選育(花蓮區農業改良場執行)

(一)仙草育種種園圃：

仙草為常異交作物，可由種子或扦插繁殖，南部嘉義地區多由種子實生繁殖，北部桃竹苗地區則由營養系扦插繁殖為主。本研究持續蒐集仙草種原，目前已於花蓮及宜蘭等地區蒐集仙草地方品種及野生種原逾 30 個種原，篩選約 258 株植株，共繁殖 3096 株種原，於溫室及田間種原圃栽培保存。

(二)仙草品系耐澇性評估界定：

澇害是影響作物生長及產量的重要限制因數(王等，2017)，澇害逆性對植物的危害不是由水分過多直接導致，而是由於水分過多阻礙植物與環境間的氣體交換，造成土壤缺氧(Shiono *et al.*, 2008)。本試驗採盆植浸水方式，試驗本場所選候選品系，擬參考前人文獻(胡等，1998；胡等，2000;尹等，2009;宋等，2017)之判斷方式，包含葉片顏色、莖基部淹水處的顏色、外觀等判定仙草品系耐澇性，建立仙草外觀耐澇指標。

試驗組淹水過介質表面 2-3cm，定時補水保持水位(圖 8)，觀察後續生長情形並記錄，以外表表型觀察及描述，建立仙草澇害分級評分體系，並作為後續仙草品系澇害程度指標。仙草耐澇試驗初步結果顯示，仙草對淹水耐受性大，淹水後 1 天，水下的節即出現不定根(圖 9)；試驗第 2 天，介質表面長出許多白色細小的根(圖 10)；試驗第 5 天，植株葉片略為下垂(圖 11)；淹水試驗第 9 天，仙草植株莖上長出許多不定根(圖 12)，葉片下垂些微恢復，水面下介質表面白色細小不定根有褐化情形；試驗第 12 天，植株莖上不定根大量生長，水面下細根逐漸褐化死亡(圖 13)；試驗第 21 天，植株莖上不定根大量生長(圖 14)。

圖 8.仙草盆植浸水之耐澇性評估。

圖 9.D1，水下的節長出細根。

圖 10. D2，介質上長出許多細小不定根。

圖 11. D5，部分葉片下垂。

圖 12. D7，水面下莖上不定根逐漸生長。

圖 13.D12，莖上不定根大量生長，水面下介質表層細根逐漸褐化

圖 14. D21，莖上不定根大量生長。

討論與結論

一、商用茶

目前國內商用茶市場原料需求量大，但國內多朝向精品茶發展，若要朝向商用茶並進發展，商用茶品種的推薦相當重要(余等，2019)。本計畫已依據生長勢初步篩選出 20 個樹勢中強以上的候選品種，並利用 HPLC、分光光度計及快速成分分析，分析該品種所製成綠茶及紅茶之可溶性化學成分，根據上述樣品三大類成分均在同類型品種的平均值以上作為篩選指標，考量特定成分含量高且單位

重量溶出率高等特性篩選商用茶候選品種，包括大葉種臺茶 1、3、8 及 18 號等 4 個品種，小葉種推薦水仙、青心柑仔、臺茶 12、17、22、23 號等 6 個品種。

二、咖啡

咖啡是世界上最受歡迎的飲料作物之一，育種計劃的重點在於高產量、優秀品質的目標(Carvalho *et al*., 2020)，且阿拉比卡咖啡栽培現今面臨病蟲害、氣候變遷等問題，需要培育繁殖適應未來氣候環境，以及對病害或蟲害具有耐受性的下一代品種，以持續進行咖啡產業的生產與發展(Sakiyama *et al*., 2017)。嘉義農業試驗分所培育出台灣第 1 個本土自行育成的咖啡新品種’台農 1 號’，本品種的選育配合輔導生產精品咖啡，期能對台灣咖啡產業發展有所助益，並針對阿里山地區及古坑地區咖啡品種進行 SSR 標誌分析，確認各單株品種，爾後可做為國內咖啡品種農藝性狀辨別之基礎資料，並篩選優良品系，建立咖啡生長及品質之評估標準。

三、仙草

仙草為台灣重要特色飲料作物，因應近來極端氣候發生頻率增加，持續努力育成耐旱或觀賞性佳之仙草新品種，提升產業競爭力，並配合活化農地政策提供農友栽培新選擇。另經濟栽培仙草通常於秋冬季開花前採收，適逢東台灣地區東北季風開始盛行之際，同時依照本次台東耐澇試驗結果，篩選耐澇、晚花適合東部地區栽培之仙草品系，以利於台灣東部地區推廣應用。

參考文獻

1. 尹冬梅、管志勇、陳素梅、陳發棣. 2009. 菊花及其近緣種屬植物耐澇評價體系建立及耐澇性鑒定. 植物遺傳資源學報 10(3): 399-404.
2. 王露、張宇、楊旭. 2017. 蔬菜作物耐澇性研究進展 中國蔬菜 11: 14-20.
3. 朱宜芬、楊滿霞、張淑芬、陳柏宏、王泰權. 2017. 咖啡果小蠹於咖啡果實內之齡期組成與防治藥劑之室內藥效評估. 台灣農業研究 66(4): 318–325.
4. 朱慶國. 1958. 台灣咖啡問題. 中國園藝 4(1): 26-30.
5. 朱慶國. 1980. 咖啡. 台灣農家要覽: 719-723.
6. 宋釗、張白鴿、李穎、徐小萬、曹健. 2017. 辣椒形態學耐澇評價體系的建立與應用. 熱帶作物學報 38(10): 1815-1822.
7. 余錦安、鄭混元、羅士凱、蕭建興、胡智益、楊美珠、林金池、吳聲舜、邱垂豐. 2019. 2019 年度命名茶樹新品種臺茶 24 號試驗報告. 臺灣茶業研究彙報 38: 11-28.

8. 林權均. 2008. 利用 RAPD 分子標記分析台灣咖啡族群遺傳歧異度與遺傳結構. 台灣大學農藝系碩士論文.
9. 姜金龍、龔財立、辛仲文、林俊清. 2000. 仙草桃園一號之育成. 桃園區農業改良場研究彙報 42: 1-14.
10. 胡敏夫、姜金龍、龔財立、呂秀英、劉新裕. 1998. 仙草優良品系區域適應性試驗. 中華農業研究 47(1): 1-11. 3.
11. 胡敏夫、劉新裕、羅淑卿、盧煌勝. 2000. 仙草新品種農試 1 號之育成. 中華農業研究 49(1): 12-25. 4.
12. 翁世豪、林金池、林儒宏、黃正宗、黃玉如、蘇彥碩、胡智益. 2018. 紅茶新品種–臺茶 23 號. 臺灣茶業研究彙報 37: 13-28.
13. 陳怡伶. 2010. 開發鑑別台灣咖啡品種之分子標誌與外表性狀之調查. 台灣大學農藝系碩士論文.
14. 張淑芬. 2007. 咖啡種原介紹. 農業世界 281: 58-65.
15. 張淑芬. 2015. 不同海拔高度及遮蔭對阿拉比卡咖啡果實生長之影響. 臺灣園藝 61(4): 334.
16. 張淑芬. 2018. 台灣現代咖啡栽培技術發展. 食品資訊 287: 30-34.
17. 張淑芬. 2018. 咖啡. 農業試驗所特刊第 208 號. 嘉義農業試驗分所百年研究成果 1918-2018: 63-69.
18. 張淑芬、程永雄、徐信次、朱慶國. 2006. 臺灣咖啡之介紹. 技術服務 67: 13-16.
19. 張淑芬、楊宏仁、劉禎祺、林明瑩. 2011. 農業試驗所特刊第 157 號. 咖啡栽培管理: 40.
20. 張淑芬、薛吉人、林峻永、周美君、張哲瑋. 2012. 利用 ISSR 分子標誌鑑定咖啡種原親緣關係之研究. 植物種苗 14(2): 17-30.
21. 農糧署. 2020. 農業年報. 行政院農業委員會農糧署.
22. 龔財立、姜金龍. 2014. 仙草新品種桃園 2 號之育成. 桃園區農業改良場研究彙報 75: 1-17.
23. Bertrand, B., A.M. V. Hincapié, L. Marie, and J.C. Breitler. 2021. Breeding for the Main Agricultural Farming of Arabica Coffee. Frontiers in Sustainable Food Systems. 5: 709901.
24. Carvalho, H.F., G. Galli, L.F.V. Ferra˜o, J.V.A. Nonato, L. Padilha, M.P. Maluf, M.F.R.R. Jr, O.G. Filho, and R. Fritsche-Neto. 2020. The effect of bienniality on genomic prediction of yield in arabica coffee. Euphytica. 216: 101.

25. Ikegaya, K. and M. Masuda. 1986. A new simple determination method of total amino acid in tea. Tea Research Journal 63: 35-36.
26. Sakiyama, N.S., E.A.T. Picoli, A.C.B. Oliveira, E.T. Caixeta, L. Zambolim, H.E.P. Martinez, and A.A. Pereira. 2017. Triple plagiotropic branch in coffee: a new promising mutant? Crop Breeding and Applied Biotechnology. 17: 408-411.
27. Shiono, K., H. Takahashi, T.D. Colmer, and M. Nakazono. 2008. Role of ethylene in acclimations to promote oxygen transport in roots of plants in waterlogged soils. Plant Sci. 175: 52-58.

第三節

園藝作物育種成果

運用早期篩選指標選育高耐候性果樹品種

王仁晃[1]、徐智政[2]、邱展臺[3]、宋家瑋[4]、李柔誼[5]、官青杉[5]、陳思如[1]*

[1]行政院農業委員會高雄區農業改良場副研究員及助理研究員
[2]行政院農業委員會農業試驗所鳳山熱帶園藝試驗分所助理研究員
[3]行政院農業委員會種苗改良繁殖場屏東種苗研究中心研究員兼主任
[4]行政院農業委員會農業試驗所關西工作站副研究員兼主任
[5]行政院農業委員會農業試驗所嘉義農業試驗分所助理研究員及副研究員
*通訊作者 E-mail：suju@mail.kdais.gov.tw

摘要

本研究以選育低肉聲果率之鳳梨、耐木瓜輪點病及高溫著果穩定之木瓜與極低需冷性桃品種為目標，並評估運用早期篩選指標選種之可行性。為探討不同品系鳳梨果實期在高土壤水分勢能下，果肉水浸狀發生情形之差異，建立鳳梨設施土壤環境監控品系比較試驗圃，期透過生理特性及遺傳分析建立低肉聲果率鳳梨之篩選指標。建立木瓜耐木瓜輪點病品系篩選指標，定植 5 個月後感染木瓜輪點病葉片之葉綠素計讀值及病徵表現於品系間差異明顯，適合做為耐病品系篩選之時機。建立耐熱篩選指標上，以木瓜三個品系成熟葉片之葉圓片進行 50 ℃熱處理 6 小時後，品系 110A-03-01 乙烯釋放率較於 25 ℃之對照組低 67.9 %，降低程度為三個品系中最低，顯示對熱處理反應較鈍感，與田間植株於高溫逆境下的表現是否相關仍尚待測試。測試八個品種系之苗期及成株葉圓片經 50℃水浴 15 分鐘之相對熱傷害值，除品系 B23-1 之外，其餘各參試品系葉片細胞膜熱穩定性均優於‘台農 2 號’。田間表現上，多數品系在 5 月 5 日以後均少有正常花，唯有品系 B49 至 7 月 21 日仍有正常花，各品系高溫期間之著果表現仍待後續比對。種植不同需冷量(50-200 CU)桃對照關鍵品種於試驗園，以對照花期做為低需冷量品系篩選指標；取 7 個低需冷量桃品種 1,723 粒種子進行濕冷層積，挑選萌芽時間較早約 20%的種子進行育苗，定植 310 株於實生選種圃，增加選育較低需冷量品系機率，以減緩暖冬對臺灣桃產業造成的經濟損失。

關鍵字：低溫需求、電解質滲漏率、乙烯釋放率、木瓜輪點病、鳳梨

前言

臺灣果樹品種改良已有卓著成就，為果樹產業發展之重要根基，果樹因具有幼年性，且植株較大，育種工作常耗時較長，且占地面積大，開始選育品種到命名推廣常需耗時十年以上，難免無法跟上產業變遷的腳步。為縮短育種年限、提高育種效率，除了設定具有遠見之明確育種目標，亦需掌握種原特性及遺傳規律，此外，建立及應用有效的早期性狀篩選指標可有助於育種土地及人力資源有效利用(徐，1990)。常見之早期篩選指標包括：分子標誌及生理指標等，本研究擬開發並應用早期篩選指標於果樹育種，並應用於鳳梨、木瓜及桃等果樹之育種工作，提升選種效率，以改善各種果樹現有品種耐候性不良之問題。本研究以選育低肉聲果率之鳳梨、耐木瓜輪點病及高溫著果穩定之木瓜與極低需冷性桃品種為目標，並評估運用早期篩選指標選種之可行性。

一、鳳梨低肉聲果率品種選育

臺灣鳳梨可週年性生產，伴隨氣候條件及栽培環境改變，果實從外觀到內部品質亦隨著季節而有不同表現，如：果皮轉色速率、果實內部褐化(internal browning, IB)與水浸狀(translucency)程度等。果實外觀較容易從果形、果皮轉色程度觀察而得，內部品質則主要可區分為鼓聲果、柱聲果及肉聲果，常以敲擊聲判別，肉聲果果肉水浸狀較鼓聲果常見，被視為影響果實品質的重要生理指標，肉聲果果肉細胞間隙液體量亦高於鼓聲果(陳，2010)。鳳梨果實糖類累積及醣類代謝酵素活性被認為與果肉水浸狀之發生有關，相較於無水浸狀的果實，鳳梨‘開英種’(‘Smooth Cayenne’)高水浸狀果實有較高的電解質滲漏率，且果肉細胞壁轉化酶(cell wall invertase, CWI)活性隨著果肉水浸狀程度提高而增加(Chen and Paul, 2000)。但當探討不同品種鳳梨果實果肉的理化性狀及所含礦物元素對果肉水浸狀的影響時，‘台農 4 號’果肉無水浸狀劣變發生，而‘台農 13 號’水浸狀程度最為嚴重，品種間果肉細胞膜滲漏率、糖含量、CWI 活性及礦物元素的差異，則與水浸狀發生及水浸狀程度無顯著相關性(陳，2010)。

鳳梨果肉水浸狀的發生與品種特性及栽培管理有關，一旦發生則對貯後品質有不利影響，顯示選育低肉聲果率鳳梨品種之重要性。鳳梨‘台農 17 號’ 夏季果實果肉水浸狀發生率及嚴重度隨催花後所施用的尿素增加而提高，柱聲果及肉聲果發生率亦增加，貯運後果肉更容易呈現高度果肉水浸狀(吳，2012)。嚴重水浸狀的肉聲果鳳梨細胞間隙充滿水分，且果梗切口容易發生汙斑(Paull and Chen, 2015)。隨著我國貿易市場結構與消費型態改變，在貯運過程中，良好果實品質的維持更顯重要，近年來，農業試驗所嘉義分所所選拔之鳳梨優良品系，都以較

我國目前栽培面積最廣之‘台農 17 號’，以及主要加工品種‘開英種’具有更佳的貯運性為目標，未來亦將持續針對低肉聲果率及耐貯性進行育種。

2015 年美國鳳梨研究團隊發表鳳梨全基因體參考序列，為鳳梨遺傳研究工作重要里程碑，透過分子遺傳分析，陸續了解鳳梨光合作用及野生種演化機制 (Ming *et al*., 2015；Chen *et al*., 2019)。鳳梨目前主要栽培品種‘台農 17 號’在多雨季節常有肉聲果發生的問題，本研究從果樹品種改良著手，在不同水分供應條件下，探討五個不同品種 (系) 果實肉聲果水浸狀發生率與水浸狀程度，藉由營養生長期至果實發育期的生理性狀 (physiological character)，分析植株生長發育及肉聲果發生與水分供應量的關聯性，並由鳳梨水分利用相關的遺傳機制，找尋低肉聲果發生率的篩選指標，以選育適合在多雨季節生產的潛力品種。

二、木瓜耐高溫及耐輪點病品種選育

木瓜為具有全球貿易潛力的熱帶果樹，臺灣木瓜育種歷史悠久且成績斐然，包括目前世界主要栽培品種農友種苗公司的‘紅妃’及鳳山園藝試驗分所的‘台農 1 號’，此外，種苗改良繁殖場亦育成世界第一個全兩性株品種‘種苗 7 號’。近年來臺灣公家單位陸續育成雜交新品種，包含種苗改良繁殖場全兩性雜交一代品系、‘高雄 9 號’、‘台農 10 號’及‘台農 11 號’等，而國內外私人種子亦陸續育成品種，包括稼穡種子公司推出耐木瓜輪點病的‘紅福’與‘綠福’品種，墨西哥種子公司育成‘Intenzza’等及東西種苗公司育成的‘Maradona’、‘Sinta’及‘Vega’等品種。目前國際上木瓜育種趨勢為矮生、早生、著果穩定、高果實品質、果肉硬及耐木瓜輪點病等特性為主，大多數的育種公司均以‘紅妃’(耐病品種)及‘台農 1 號’(耐貯運品種)，為主要的競爭目標，顯示加強國內木瓜育種量能，以維持國際競爭力有其急迫性。

木瓜兩性株花性表現受到遺傳與環境因子(如溫度、土壤水分及營養不足等逆境)的影響，透過育種方法選育花性穩定表現的品種為重要策略。近年來氣候變遷嚴重，全球暖化對作物產能造成嚴重影響，木瓜雖為熱帶果樹，但在 30℃以上的環境下花粉形成與發芽受阻，形成無籽小果，花性表現更不穩定。木瓜育種年限較長，運用花粉活性、葉綠素螢光、細胞質膜滲漏、呼吸及乙烯釋放率等生理指標，可做為木瓜具耐熱性潛力品系早期篩選之生理指標(李和謝，2012；江，2014)，在育種的技術應用上尚待更多品系及田間產能表現的印證。

三、桃極低需冷性品種選育

桃樹生產需適地適種，種植地區冬季須累積足夠的低溫以打破桃樹體休眠，方能確保栽培成功，意即桃因遺傳的需冷量(chilling requirement)必需與產地的低

溫累積量(chilling accumulation)相吻合。農試所已進行平地水蜜桃品種改良工作多年，先後育成早熟、中熟與晚熟 10 個品種，低需冷量品種介於 100-180CU，經多年平地桃育種及推廣，目前平地桃產業穩定，栽培面積達 1600 公頃以上，並有逐漸往南部發展趨勢，但現近年因暖化桃產業時有明顯減產災情發生，故應加速選育極低需冷量(<100CU)品種，以適合臺灣平地及淺山坡地區種植。

桃需冷量若在可控制環境條件進行需冷量評估篩選，如控制生長環境溫度的生長箱或溫室中精確評估(Dennis, 2003)，這評估成本是十分昂貴的，並不適合有數以千計子代的育種作業。在桃育種的實務操作上，是以花期早晚為指標，因始花期與盛花期的早晚與需冷量的低高有明顯正相關，需冷量愈低愈早開花，故應用一系列高低不同需冷量標準對照品種的花期來評估新品系需冷量高低是常用方法(Scorza and Sherman, 1996)。臺灣本土桃樹目前並沒有<50CU 的種原，故引用本土梅樹 50CU 及 75CU 種源(歐及宋，1999)，作為篩選桃極低需冷量品種的指標。而種子濕冷層積發芽所需時間長短也與親本需冷量高低及其花期早晚有明顯正相關(Perez-Gonzalez, 1990)，可開發作為低需冷量品種之早期篩選技術。

本研究擬建立及應用果樹耐候性基因型、外表型及生理指標於育種之親本篩選、實生苗選拔及優良品系評估之應用，並持續研究果樹耐候品種之生理特性，精進選拔技術，促進不同育種單位合作開發優良耐候新品種，健全果樹產業發展，本篇就本計劃執行第一年之階段性成果進行報告。

材料與方法

一、建立鳳梨低肉聲果率品種篩選方法

本研究選定 5 個鳳梨品種(系)為試驗材料，包括：‘台農 17 號’ (‘Tainung 17’)、‘開英種’ (‘Smooth Cayenne’)、品系 A、品系 B 及品系 C，於 2021 年 3 月定植於農業試驗所嘉義分所鳳梨試驗園，以株距 30 公分種植於網室苗床，定植後至人工催花前給予適當的施肥及灌溉處理，以供鳳梨植株正常生長發育。網室內架設栽培環境監測系統(Spectrum，USA)，即時紀錄土壤水分勢能、土壤溫度以及環境溫度。試驗採完全逢機區集設計(RCBD)，共分為乾旱、一般灌溉及湛水 3 種處理，每處理 3 重複，共 9 小區，每小區每個品種(系)各種植 5 株。試驗期間逐月紀錄植株外觀型態，至 2021 年 9 月進行第 1 次生育調查，測量葉片數、株高、葉片長度、葉片寬度、植株幅寬等性狀，探討做為營養生長階段篩選指標，預計於果實發育期開始施予不同水分供應，調查土壤水分勢能及水浸狀發生率與發生程度。

二、木瓜耐輪點病及耐熱性早期篩選生理指標建立

(一) 建立木瓜耐木瓜輪點病早期篩選指標(高雄場)

以'台農 2 號'木瓜為感病對照品種，'紅妃'及'紅福'為耐病對照品種，高雄場育成之木瓜雜交一代耐木瓜輪點病品系 6 個為參試材料，分別播種於 50 格穴盤中，於發芽後 2 個月之幼苗期接種木瓜輪點病病毒液，出現罹病病徵後再移植至 3 吋盆中，移植後約 1 個月再調查罹病株與健康植株莖徑、葉綠素讀值(SPAD)、成熟葉主葉脈長、病徵級數及葉綠素螢光等數據，每個處理及品種各 5 株。

另將 6 個耐木瓜輪點病自交系定植於高雄場溫室區，分別以'台農 2 號'為感病對照品種，'紅妃'及'紅福'為耐病對照品種，採取密集式定植，株距 0.3m 行距 1.5m，於 5 個月成株期接種木瓜輪點病病毒液，待接種植株出現明顯病徵後，調查罹病株與健康植株莖徑、葉綠素讀值(SPAD)、成熟葉主葉脈長、病徵級數及葉綠素螢光等數據罹病嚴重程度以肉眼觀測分等級，0 級：植株健康無病徵、1 級：葉片輕微嵌紋、2 級：植株新葉嵌紋葉片縮小、3 級：葉片皺縮捲曲嚴重黃化嵌紋，葉片畸形或壞疽；4 級：葉片嚴重皺縮，或植株萎凋死亡，每一處理及品種各 3 株，2 重複。

病毒液置備係取自然罹病木瓜輪點病病葉，約比手掌大葉片柔嫩葉片，取主脈以外葉片組織切片秤重，取病葉 20 倍重量磷酸緩衝液，置入高速破碎機並加入少許金剛砂研磨，再以紗布套燒杯濾出澄清液，維持低溫攜至田間進行病毒接種。葉綠素螢光調查，量測時先以葉夾(leafclip)夾取量測葉，進行暗處理 30 分鐘後，再以葉綠素螢光儀(Mini-PAM Ⅱ, Walz,Germany)測量葉片之暗馴化(PSII，Fv/Fm，以葉夾暗馴化 30 分鐘)及光適應(ΦPSⅡ，Fv'/Fm')下效率。

(二) 不同木瓜品系於高溫下之乙烯釋放率(農試所鳳山分所)

參考李和謝(2012)方法，測試不同品系之木瓜葉圓片於高溫下乙烯釋放率之差異，試驗材料為網室栽培的木瓜品系 110A-05-01、110A-01-01 及 110A-03-01，自植株剪取成熟葉片(葉柄與主幹呈約 45 度角)，葉片以濕紙巾將表面擦拭乾淨，每葉中間部分以打孔器(直徑 10mm)避開葉脈取葉圓片，為了減少葉圓片失水，將 5 片葉圓片放到鋪有 2 張紙巾且加 3mL 純水的培養之 10mL 圓柱瓶中密閉，並放置於 50℃高溫黑暗環境下，以無熱處理(25℃)為對照組，於溫度處理第 0、2、4 及 6 小時自瓶內抽取 1mL 瓶內氣體，以氣相層析儀 (gas chromatograph, Shimadzu,Model GC-8A-FID) 測定其乙烯濃度，計算乙烯釋放率，單位以 μL $C_2H_4 \cdot kg^{-1}hr^{-1}$ 表示之，每一品種 3 重複。

(三) 不同木瓜品系之細胞膜熱穩定性(種苗場)

本試驗以 8 個木瓜品種(系)為材料，分別於苗期葉片及成熟期葉片進行 55℃水浴熱處理後，檢測電解質滲漏；於 4 月下旬至 8 月上旬，每週調查花序軸頂花，雄蕊有無花粉產生及雌蕊花性的表現，最後再對照植株的田間表現，評估各品系的耐熱性，以'台農 2 號'為對照，探討藉由苗期葉片的細胞膜熱穩定性做為指標，應用於選拔耐熱品種的可行性。

1. 木瓜葉片細胞膜熱穩定性測試

參考高雄場建立之木瓜葉片細胞膜熱穩定性檢測方法，分別於 1.5 個月苗齡及定植後 7 個月，取苗期及成株葉片進行檢測(苗期：1.5 個月苗齡取第 3 片葉；成株：取頂芽成 45 度角之成熟葉片，頂芽往下算第 15 片葉)，葉片以 RO 水洗淨並晾乾。使用直徑 2.0 公分打孔器，取下葉圓片放入玻璃瓶(每瓶 2 葉圓片)，並加入 5ml RO 水，分別放置常溫靜置 15 分鐘(空白組)，及 55℃恆溫水域 15 分鐘(試驗組)，取出冷卻至室溫，分別測量其電導度值(空白組為 Ci；實驗組為 Ti)，再將全部放入煮沸水域 15 分鐘，冷卻至室溫，分別測量其電導度值(空白組為 Cf；實驗組為 Tf)，並計算葉片電解質滲漏率 RI(%)={1-[1-(Ti/Tf)]/[1-(Ci/Cf)]} × 100%。

2. 不同季節之花性及花粉產生之調查

於 4 月下旬起，每週觀察參試植株 3 個開花節位軸頂花之雄蕊花粉有無及雌蕊之性型表現，藉以了解參試品系耐熱特性之差異。

(四) 木瓜純系種原交換(高雄場、種苗場、農試所鳳山分所)

於 2021 年 4 月初起，由高雄場、種苗場及農試所鳳山園藝試驗粉所三個育種單位，分別提供優良父本花粉進行親本種原交換，果實發育後進行採種調理種子，再將獲得的雜交一代種子育苗，定植於田區進行選拔。

三、桃極低需冷量品系早期篩選技術建立

(一) 蒐集不同需冷量高低之種原，建立桃及梅不同需冷量的對照關鍵栽培種試驗園，並調查其花期萌發時間。

(二) 挑選不同桃品種種子經濕冷量層積發芽較早 20-25%的種子育苗，經定植於選拔園，以建立低需冷量實生選拔集團。

(三) 利用桃及梅為不同需冷量對照關鍵栽培種花期，挑選開花較早、需冷量極低單株，評估對象包括從農試所平地桃育種多年累積之低需冷量優選品系，及現有約 6 千株雜交實生苗選拔集團，及上述不同桃品種較少濕冷層積時間之實生苗

選拔集團，經綜合花期表現與果實性狀表現，篩選出極低需冷量優選品系，將進一步進行品系評估及作為育種親本利用。

結果與討論

一、建立鳳梨低肉聲果率品種篩選方法

鳳梨 5 個受試品種(系)：‘台農 17 號’、‘開英種’、品系 A、品系 B 及品系 C，平均葉片數介於 16.2 ± 4.4 與 54.6 ± 14.1 片葉之間，以品系 C 最多，‘台農 17 號’ 最少；平均株高介於 42.42 ± 9.07 與 65.60 ± 3.78 公分之間，以品系 A 最高，‘台農 17 號’最矮；平均葉片長度介於 52.80±12.05 與 84.80±5.81 公分之間，以品系 A 葉長最長，‘台農 17 號’最短；平均葉片寬度介於 2.60±0.55 與 3.60±1.14 公分之間，以‘開英種’葉寬最寬，品系 B 最窄；平均葉片展開半徑介於 40.40±11.67 至 55.40±12.05 公分之間，以品系 A 最大，‘台農 17 號’ 最小(表 1)。

根據目前的調查資料，所選定的試驗品系在葉齡葉片數、株高、葉片長度及植株幅寬都較‘台農 17 號’大。而在肉聲果率方面，由過去調查結果顯示，在一般慣行栽培條件下，夏季所生產的‘台農 17 號’ 及‘開英種’ 果實有 10% - 20% 為肉聲果，受試的 3 個品系則少有肉聲果發生(未發表資料)，但未曾於水分控制的環境下評估其肉聲果率。本計畫於第二年度研究中持續調查鳳梨植株生長發育情形，與在水分控制逆境下，果實品質、肉聲果水浸狀發生率及發生程度，並由葉片 SPAD 值、葉綠素螢光值(Fv/Fm) 以及葉片電解質滲漏率等測定結果，評估比較各品種 (系) 對於高土壤水分環境近於飽和狀態下之生長及生理之反應，以建立低肉聲果發生率之生理指標。

除了生理指標之外，不同品種間對於果肉水浸狀的發生率及表現程度亦有差異，顯示遺傳因子亦為影響此性狀表現的重要因子之一，透過水稻、玉米等單子葉作物影響其對淹水逆境耐受性的基因，如：ethylene response factors (ERFs)、CBL-interacting protein kinase(CIPK)等作用機制 (Xu *et al.*, 2006; Lee *et al.*, 2009)，分析鳳梨相關遺傳變異與果肉水浸狀的關聯性，進一步探討做為早期篩選指標之可能。

二、木瓜耐候性早期篩選生理指標建立

(一) 建立木瓜耐木瓜輪點病早期篩選指標(高雄場)

木瓜幼苗期接種木瓜輪點病後約 2-3 週陸續發病，接種後因葉片尚小無法使用葉綠素螢光量測葉夾，因此將苗移植至 3 吋盆，待葉片較大時再進行相關數據量測。移植後健康對照組均成活，但接種植株死亡率偏高約 20-50％，顯示病毒接種對苗期選拔壓力過高。苗期接種病毒後，主要的影響為葉片明顯較小(葉片主脈較短)，部分品系雖然罹病後 SPAD 值略降低，但整體數值仍然高，顯示葉

色屬於濃綠的狀態，各品系間病徵級數以‘台農 2 號’病徵較明顯，但也只有輕微病徵(1.3 級)，因此各品系間病徵級數差異不大(表 2)。苗期接種病毒後葉綠素螢光反應(ΦPSⅡ，Fv'/Fm'；PSⅡ，Fv/Fm)檢測結果顯示各品系 PSⅡ均未受病毒影響，且數值均在 0.8 以上(圖 1A)，雖然 ΦPSⅡ在部分參試耐病品系罹病株顯著較低(圖 2B)，但‘台農 2 號’及耐病對照品種均不受病毒的影響，顯示品系間 ΦPSⅡ抗感病表現並不一致，無法作為早期篩選指標。綜合以上結果，顯示木瓜苗期接種病毒主要的影響為葉片發育受阻，無法在苗期以葉綠素螢光作為耐木瓜輪點病性早期篩選指標。

木瓜成株(約定植後 5-6 個月)接種病毒後，SPAD 值均較未感染者低、主脈長度亦較短(表 3)，罹病‘台農 2 號’較耐病對照品種‘紅福’及‘紅妃’病徵級數高，與過去的田間觀察病徵相符(未發表資料)，由上述商業品種的比較，顯示該生長時期接種病毒後的病徵表現明顯，可區隔木瓜接種後的耐病性。雖然各品系罹病後均造成葉綠素螢光反應 PSⅡ(Fv/Fm 值)降低，但仍不容易從降低的幅度或數值評估各品系罹病後耐病的程度(圖 2)，因此在本試驗中葉綠素螢光反應只能作為罹病後的參考，仍無法作為選拔的指標。綜合上述評估，若以 SPAD 值和病徵級數綜合判斷，A75 為高感病品系，A73、A77 和 A78 為感病品系，A72 和 A80 為耐病品系。

木瓜罹患木瓜輪點病後將造成 PSⅡ的傷害，但耐病品系所受的影響較感病品種小(王，1997)，且病徵的發展狀況與葉綠素螢光的變化有顯著的相關性，並可作為木瓜耐木瓜輪點病品系的快速篩選工具(黃，2000)。本研究在成株接種後亦獲得 PSⅡ減少的結果，卻未能獲得顯著的相關性，現階段無法作為耐病品系快速篩選的指標工具。由於植物葉綠素螢光的表現同時受到環境逆境的影響，而本試驗雖然於溫室區進行，但期間遭遇連續性大雨，地下水位上升造成長期的土壤高濕度逆境(未發表資料)，或許為造成試驗結果與前人研究不符的主因，未來將改善栽培環境，減少來自土壤環境的變因影響，以重複確認葉綠素螢光是否可作為早期篩選的指標。

(二) 不同木瓜品系於高溫下之乙烯釋放率 (農試所鳳山分所)

在無熱處理(25℃)的對照組中，品系 110A-05-01 的乙烯釋放率由 0 小時的 13.47 μL·kg-1hr-1 下降至 6 小時的 3.69 μL·kg-1hr-1，品系 110A-01-01 則乙烯釋放率則從 11.29 下降至 4.44 μL·kg-1hr-1，品系 110A-03-01 乙烯釋放率也有相似之變化趨勢，自 0 小時的 14.34 下降至 3.70 μL·kg-1hr-1。三品種之離體葉片於 25℃下 2 至 6 小時後，各處理間之乙烯釋放率皆無顯著變化。品系 110A-05-01 在高溫 50 ℃處理 2 小時至 6 小時後，隨時間處理之延長，乙烯之生成量逐漸下

降，而 6 小時後，乙烯產生量降至 1.83 μL·kg-1hr-1，顯著低於在無熱處理(25℃)之對照組的 13.47 μL·kg-1hr-1，下降率達 86.4%；品系 110A-01-01 及 110A-03-01 在 50 ℃處理 2 小時後之乙烯成成量皆顯著高於對照組，而於處理 4 小時後顯著降低，品系 110A-01-01 之乙烯釋放率之下降率高達 89.1 %，顯著高於品系 110A-03-01 的 67.9 % (表 4)。

乙烯為植物五大賀爾蒙之一，幾乎所有高等植物中器官組織皆能產生乙烯 (Taiz and Zeiger, 2010)，許多生物及非生物逆境皆會造成植物體內乙烯含量的變動，以調整其生理狀況，適應環境。乙烯的產生或抑制是植物應對部分逆境的反應，也是植物啟動相關生理機制的關鍵，因此在逆境下，藉由測定乙烯生成量應可適度反映出植株當前的生理狀態，有利於栽培者管理，雖然在適溫下乙烯的產生會隨著溫度提高而增加 (Morgan and Drew, 1997)，但當溫度升高至臨界溫度時，乙烯的生成量反而會受到抑制。本試驗中以直接以 50 ℃高溫處理木瓜離體葉片，三品種離體葉片的乙烯釋放率隨熱處理時間延長而降低，且不同品種之間的乙烯釋放率也有很大的差異，推測可能為長時間的高溫下使 ACC 合成酶、ACC 氧化酶活性降低，或離體葉圓片已逐漸死亡而無產生乙烯之能力所導致。由各品系高溫處理後乙烯釋放率下降之幅度來看，在經過 50 ℃高溫處理 6 小時後，品系 110A-01-01 及 110A-05-01 乙烯釋放率與對照組相比，下降率分別為 86.4 %及 89.1% (表 4)，顯著高於品系 110A-03-01 的 67.9%，經推測品系 110A-01-01 及 110A-05-01 對熱處理較品系 110A-03-01 敏感。

全球暖化與極端氣候狀況日趨嚴重，對農業生產與糧食安全的影響甚鉅，提供育種或引種方式提供更適應環境變化之品種及建立篩選指標以加速育種選拔效率已更趨重要。本試驗利用離體葉圓片經高溫處理後乙烯釋放率之差異，比較三個品系木瓜之差異，可進一步探討利用其它生理指標，如：高溫下葉綠素螢光、電解質滲漏、呼吸率、花粉活力的表現等，評估與田間植株於溫度逆境下之表現是否有良好的相關性。

(三) 不同木瓜品系之細胞膜熱穩定性 (種苗場)

參試 8 個品種系中以品系 B23 之苗期葉片相對熱傷害值 59.02%大於‘台農 2 號’，其餘品系的相對熱傷害值均低於‘台農 2 號’(表 5)。成株葉片的相對熱傷害值以品系 B50-1 及 B21-4 的 39.08%及 41.23%較高，但仍低於‘台農 2 號’的 41.76%。由苗期及成株葉片的相對熱傷害值顯示，除了 B23-1 品系之外，其餘各參試品系的葉片細胞膜熱穩定性均優於‘台農 2 號’。

高溫對木瓜生理的表現除葉片電解質滲漏、葉綠素螢光、乙烯產生外(李和謝，2012；江，2014)，在生長與分化上，對於木瓜在雄蕊的花粉形成及雌蕊的

性型表現均有顯著的影響。根據試驗地區氣象資料顯示，屏東地區於 4 月底開始，每週的平均高溫大多高於 30℃(圖 3) ，唯有在連續數日降雨時，最高溫才會降至 30℃以下，此時大部份植株已開始出現沒有花粉的情況；高溫對於木瓜花的影響主要表現於雄蕊的花粉量，根據田間每週調查結果，氣溫高達 30℃以上時，花藥無法分化出花粉粒，雄蕊花粉量將會減少，而在氣溫降至 30℃以下 1 週左右，才會有花粉粒釋出，而且釋出情形因品種而異。除此雄蕊的花粉產生受影響之外，雌蕊的表現也會因高溫出現變化，因此田間可觀察到不同花性表現，如：雌蕊退化(兩性花只有雄蕊，沒有雌蕊)、雄蕊心皮化或正常花，初步進行各參試品種(系)的花粉產生及花性表現調查(表 6)。

‘台農 2 號’為結果性非常良好的品種，一般每節位可著果 3-4 果，產量非常高，惟因耐熱性不佳，所以在 5 月以後常著生大量的畸形瓜或雌蕊退化的偏雄花，或有正常小果但無花粉，造成不著果，或僅產生極少花粉而使果實發育成不完全授粉的香蕉型果。本試驗各參試品種系在 5 月 12 日以後大部分雄蕊均無花粉釋出，一直到 7 月 9 日至 14 日，因前兩週降雨降溫，才有花粉釋出。而雄蕊表現也如同雄蕊的趨勢，大部分品系在 5 月 5 日以後均很少正常花出現，其中其中 B49 及 B50 品系至 7 月 21 日均有正常花(表 6)；由上述結果，參試各品系雖除了 B23-1 品系之外皆有較‘台農 2 號’低的熱傷害值，但其高溫期間實際正常著果率，仍有待本研究後續的田間比對。

(四) 木瓜純系種原交換(高雄場、種苗場、農試所鳳山分所)

本年度分別由高雄場提供 3 個耐木瓜輪點病父本花粉，種苗場及農試所鳳山分所各提供 3 個耐候性父本花粉作為種原交換材料，因授粉時間接近夏季，且今年氣溫較高花粉品質不良，本年度共採得 13 個木瓜雜交一代新品系種子，已於 2021 年 9 月下旬播種育苗中，預計於當年 11 月初將陸續定植於各場試驗田區觀察及選種。

三、桃極低需冷量品系早期篩選技術建立

確定桃樹的需冷量，為挑選桃樹品種種植的重要依據，本研究桃極低需冷量品系早期篩選技術建立，從建立對照關鍵栽培種試驗園及利用種子濕冷層積後發芽時間進行低需冷量選拔兩方面著手：

(一) 建立桃及梅不同需冷量高低的對照關鍵栽培種試驗園：

本年度已於農試所萬豐果園建立桃及梅不同需冷量高低的對照關鍵栽培種試驗園，使用梅種原：山連梅(50CU)及大青(70CU)，桃種原：‘Okinawa’(75CU) ‘Flordared’(100CU)、‘夏蜜’(125CU)、‘Premier’(150CU)、‘TropicSweet’(175CU)和‘Flordabelle’(200CU)等，預計自 110 年冬起調查花期與葉芽萌發時間，建立資料，以對照關鍵栽培種的開花時間，評估農試所平地桃育種多年累積之優選品系之需冷量，並自現有約 6 千株雜交實生苗選拔集團篩選極低需冷量品系。

(二) 建立濕冷層積種子發芽較早的實生苗選拔集團：

桃種子於濕冷層積時會陸續發芽，較早萌發的種子，有較低的需冷量(Perez-Gonzalez, 1990)，故本研究採集不同低需冷量桃品種種子，挑選濕冷層積時發芽較早的種子育苗，以增加挑選出更低需冷量植株的機率。在 109 年採集 7 個不同需冷量桃品種 1,723 粒種子濕冷層積，挑選較早萌芽約 20%的種子育苗，於 110 年 4 月定植 310 個實生苗(圖 4)，110 年度計進行 11 品種系 1,840 個種子濕冷層積，陸續挑選較早萌芽的種子進行育苗，預計於明年春定植於選拔園，待植株開花時，應用上述需冷量關鍵栽培種花期來篩出較低需冷量品系。

未來展望

本研究已設置鳳梨網室栽培環境監測系統，即時紀錄鳳梨種植環境微氣候動態變化，營造設施內栽培環境控制，並已初步調查參試品系植株外表性狀之差異，後續將配合土壤水分控制，分析土壤水分條件與鳳梨肉聲果水浸狀之關聯性，蒐集生理與分子篩選指標背景資料，除可供選育低肉聲果率品種之評估項目外，亦可作為研議降低肉聲果率之鳳梨栽培技術參考資料，期能改善現有多雨季節果實品質不穩定問題，提升鳳梨於國際市場競爭力。

本研究初步建立木瓜耐木瓜輪點病品系可靠的篩選時期與指標，於定植後 5 個月接種木瓜輪點病毒，以葉綠素計讀值及病徵表現作為篩選指標，而葉綠素螢光反應方面則仍需重複試驗以建立篩選指標。透過離體葉圓片於高溫下之乙烯釋放率的變化及電解質滲漏率之測定結果，可區分不同品種之耐熱特性，未來將持續與田間花性表現、花粉活力及著果特性進行比對，以驗證作為耐熱篩選生理指標之可行性。此外，本研究中首次進行跨機關木瓜親本種原交換，本年度共獲得 13 個木瓜雜交一代新品系種子並已完成播種，後續期能逐步育成耐候性強、耐木瓜輪點病、穩定著果的木瓜品種，維持臺灣木瓜品種在國際市場競爭力。

臺灣早年評估適合中部平地及淺山坡種植桃品種的需冷量<200CU，故農試所多年來育成品種需冷量介於 100CU-180CU，但面對未來氣候可能升溫 1.5℃情境，臺灣因暖化導致桃產業減產的災情將時有發生，未來是適合品種的低溫需求量估計將減少約 90CU，故除從栽培技術調適因應外，根本要從品種改良著手，應加速選育更低需冷量(<100CU)的品種，以維持臺灣平地桃產業競爭力。

果樹育種需投入之土地、人力及時間成本高，如能系統化建立早期篩選技術，有助提早於雜交授粉前、種子萌芽期、苗期或營養生長期進行選種，可節省大量土地、人力及時間成本，並可望縮短育種年限，將更有助於及時育成符合當下及未來產業需求之品種。期能藉由本計畫執行之成果，逐步建立果樹耐候性品種篩選技術平台，並藉由協同業界參與選拔，提昇育成品種產業接受度。

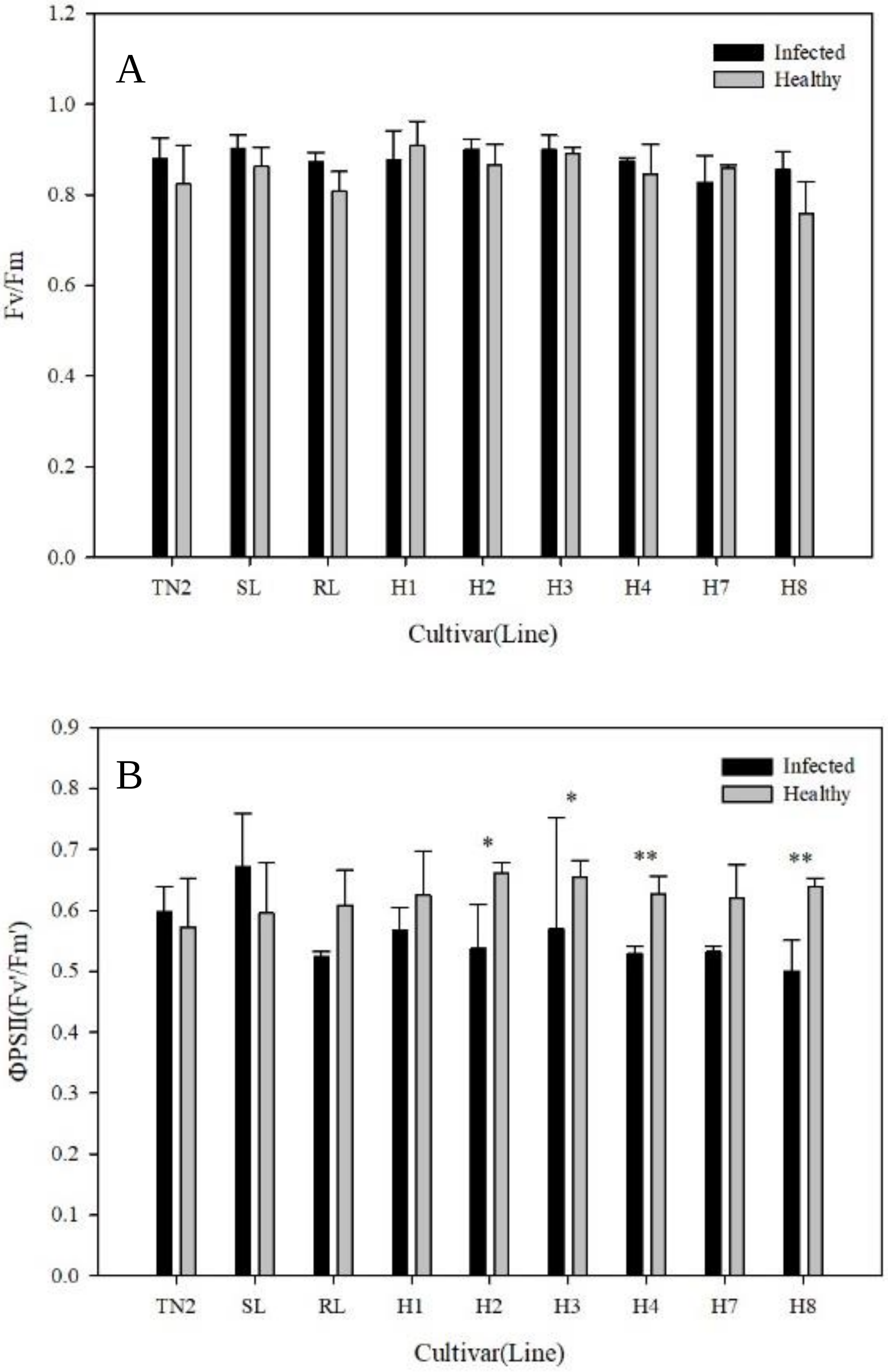


圖 1. 木瓜品種(系)幼苗接種木瓜輪點病後暗馴化下 PSⅡ最大光化學效率(A)和光適應(ΦPSⅡ，Fv'/Fm')下光合效率(B)的比較

Fig. 1. Comparison of PSⅡ (A) and ΦPSⅡ (B) of papaya lines'seedling inoculated with papaya ringspot virus.

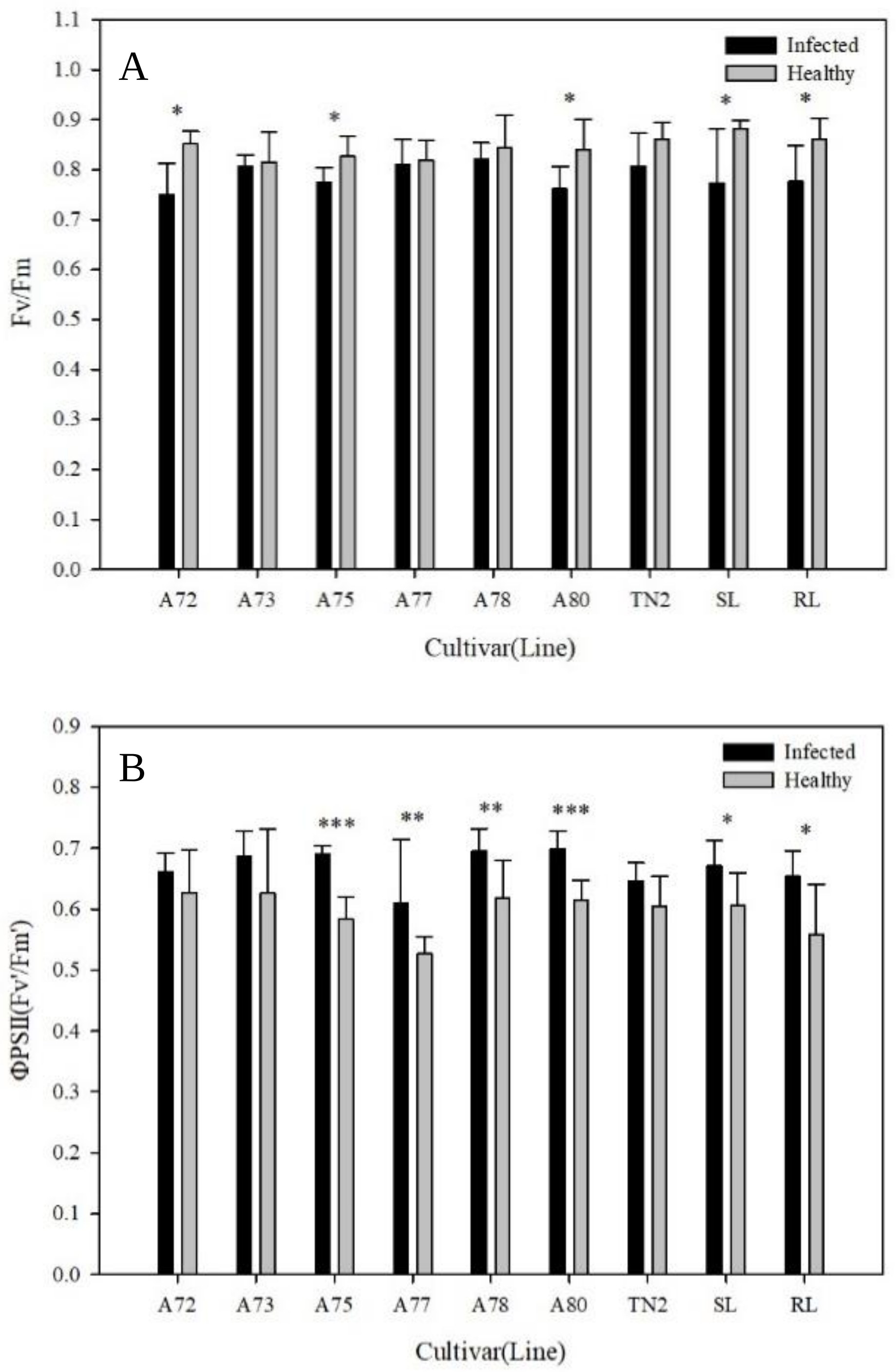


圖 2. 木瓜品種(系)成株(定植後 5 個月)接種木瓜輪點病後暗馴化下 PSⅡ最大光化學效率(A)和光適應(ΦPSⅡ，Fv'/Fm')下光合效率(B)的比較

Fig. 2. Comparison of PSⅡ (A) and ΦPSⅡ (B) of papaya lines (5 months after planting) inoculated with papaya ringspot virus.

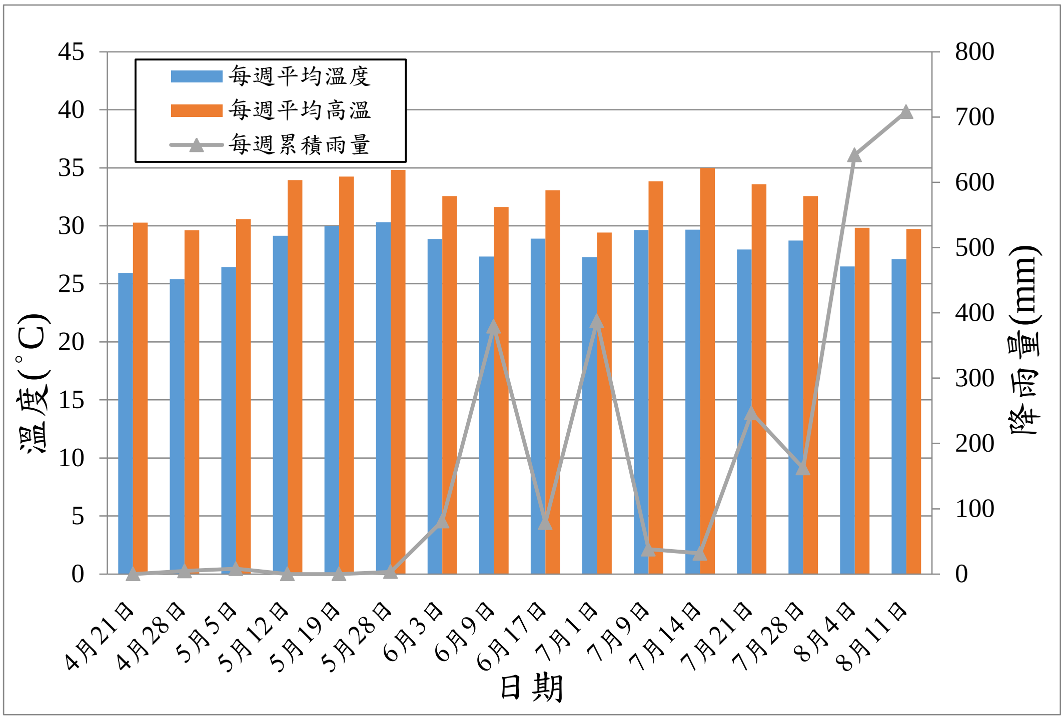


圖 3. 2021 年 4 月至 8 月本試驗木瓜植株開花著果期間之每週平均溫度、每週平均高溫及降雨量。

Fig. 3. The average weekly temperature and high temperature and rainfall during the flowering and fruiting period of papaya in this experiment from April to August, 2021.

圖 4. 挑選萌芽時間較早約 20%的低需冷量桃種子育苗，並已定植 310 株於實生選種圃。

Fig. 4. Seeds with an earlier germination time of 20% were selected for seedlings, and 310 seedlings were planted in the selection field.

表 1. 鳳梨品種 (系) 營養生長期生育情形

Table 1. Growth and development of pineapple varieties and lines in vegetative stage.

品種(系) Variety or line	葉片數 Leaf number (leaves per plant)	株高 Plant height (cm)	葉長 Leaf length (cm)	葉寬 Leaf width (cm)	植株幅寬 Expanding radius (cm)
‘Tainung 17’	16.2 ±4.4	42.42 ±9.07	52.80 ±12.05	2.80 ±0.45	40.40 ±11.67
Line A	34.4 ±2.5	65.60 ±3.78	84.80 ±5.81	3.00 ±0.00	55.40 ±12.05
Line B	24.4 ±3.4	48.60 ±14.05	55.20 ±7.09	2.60 ±0.55	40.60 ±7.02
Line C	54.6 ±14.1	52.00 ±17.22	75.80 ±10.16	3.20 ±0.45	54.60 ±14.08
‘Smooth Cayenne’	47.0 ±6.9	55.40 ±12.18	65.20 ±4.76	3.60 ±1.14	47.00 ±6.86

表 2. 木瓜品種(系)幼苗接種木瓜輪點病後對莖徑、主脈長、葉綠素計讀值及病徵級數的比較

Table 2. Comparison of stem diameter, length of leaf midrib, SPAD value and disease severity rating of papaya varieties or lines' seedling inoculated with papaya ringspot virus.

品種(系) Variety or line	健康狀態 Health condition	莖徑 (cm) Stem diameter	主脈長 (cm) Midrib length	葉綠素計讀值 SPAD value	病徵等級 Disease severity
H1	Infected	3.7	5.2	49.2	0.0
	Healthy	4.2	9.0 **	52.0	-
H2	Infected	3.4	4.8	50.9	0.0
	Healthy	3.8	7.9 *	48.2	-
H3	Infected	3.8	7.2	46.6	0.7
	Healthy	3.9	9.8	57.1 **	-
H4	Infected	3.8	7.2	49.5	0.0
	Healthy	3.7	7.4	51.7	-
H7	Infected	3.5	3.3	50.1	0.0
	Healthy	4.0	9.8 **	52.4	-
H8	Infected	3.7	4.6	47.9	0.0
	Healthy	3.5	10.9 **	50.5	-
'Tainung No.2'	Infected	3.7	3.7	47.6	1.3
	Healthy	3.6	6.3 **	53.3 *	-
'Sun Lady'	Infected	3.5	4.5	51.5 *	0.3
	Healthy	3.2	6.6 **	46.3	-
'Red Lady'	Infected	3.7	6.5	46.7	1.0
	Healthy	4.3	9.5 **	51.5	-

*,** Means with the same variety (infected and healthy) was test by t-test in 5 % and 1% level.

表 3.木瓜品種(系)成株(定植後 5 個月)接種木瓜輪點病後對莖徑、主脈長、葉綠素讀值(SPAD)及病徵級數的比較

Table 3. Comparison of stem diameter, length of leaf midrib, SPAD value and disease rating of papaya varieties or lines (5 months after planting) inoculated with papaya ringspot virus.

品種(系) Variety or line	健康狀態 Health condition	莖徑 (cm) Stem diameter	主脈長 (cm) Midrib length	葉綠素計讀值 SPAD value	病徵等級 Disease severity
A72	Infected	16.0	22.1	35.4	1.7
	Healthy	17.7	28.9 **	43.7	-
A73	Infected	13.3	19.5	32.9	2.4
	Healthy	14.2	27.5 **	44.3 **	-
A75	Infected	14.7	18.9	33.3	3.7
	Healthy	17.1	31.8 **	45.6 **	-
A77	Infected	11.4	20.2	35.1	2.0
	Healthy	15.2	29.2 **	46.9 **	-
A78	Infected	12.8	19.2	30.6	2.7
	Healthy	15.7	26.7 **	43.8 **	-
A80	Infected	13.4	20.6	36.2	1.5
	Healthy	14.3	29.2 **	46.9 **	-
‘Tainung No.2’	Infected	10.9	17.9	34.3	2.5
	Healthy	14.1	25.2	44.3 **	-
‘Sun Lady’	Infected	11.9	25.0	35.6	1.6
	Healthy	11.4	27.0	46.2 **	-
‘Red Lady’	Infected	12.7	22.1	33.8	1.6
	Healthy	12.3	26.1	44.4 **	-

** Means with the same variety (infected and healthy) was test by t-test in 1% level.

表 4. 木瓜葉圓片在 25℃或 50℃下乙烯釋放率之變化

Table 4. Change in ethylene emission rate in of papaya mature leaves during 25℃ or 50℃ treatments.

處理 Treatments	乙烯釋放率 Ethylene emission rate (μL·kg^{-1}hr^{-1})			
	0	2	4	6
110A-05-01				
25℃	13.47 ± 5.77aA[z]	3.40 ± 0.45cB	3.43 ± 0.14dB	3.69 ± 0.13aB
50℃	13.47 ± 5.77aB	11.48 ± 1.80bAB	6.41 ± 1.89bBC	1.83 ± 1.59bC
110A-01-01				
25℃	11.29 ± 1.91aA	4.42 ± 0.97cB	4.05 ± 0.07cdB	4.44 ± 0.25aB
50℃	11.29 ± 1.91aB	12.58 ± 4.32bA	4.15 ± 1.16cdB	1.23 ± 1.07bB
110A-03-01				
25℃	14.34 ± 3.71aA	5.58 ± 0.17cB	5.42 ± 0.33bcB	3.70 ± 0.33aB
50℃	14.34 ± 3.71aBC	19.17 ± 4.63aA	9.47 ± 1.48aBC	4.60 ± 1.11aC

[z] Mean separation within columns (small letter) and within rows (capital letter) was by Duncan's multiple range test 5 % level.

表 5. 木瓜 9 個品種(系)苗期及成株成熟葉片於 55℃水浴 15 分鐘後之相對熱傷害值

Table 5. The relative injury (%) of seedling and adult plant leaves of nine papaya variety or lines after 55℃ water bath for 15 mins.

品種(系) Variety or line	相對熱傷害值 Relative injury (%) 苗期 Seedling	相對熱傷害值 Relative injury (%) 成株 Adult plant
‘Tainung No.2’	41.72 ±0.05	26.76 ±0.07
B23	59.02 ±0.07	16.65 ±0.11
A11	29.24 ±0.02	17.63 ±0.02
B2	11.63 ±0.04	32.18 ±0.04
B49	31.83 ±0.15	37.69 ±0.03
B5	46.94 ±0.21	--
B50	26.20 ±0.10	39.08 ±0.06
B21	15.50 ±0.02	41.23 ±0.03
A33	22.45 ±0.09	33.00 ±0.09

表 6. 木瓜 9 個品種(系)於夏季高溫時期兩性花花性表現之比較
Table 6. Comparison of the floral sexual phenotype nine papaya variety or lines of bisexual flowers during hot season.

品種(系) Variety or line	調查項目 survey item	調查日期 Date															
		4/21	4/28	5/5	5/12	5/19	5/28	6/3	6/9	6/17	7/1	7/9	7/14	7/21	7/28	8/4	8/11
‘Tainung No.2’	雄蕊有花粉之朵數	2	3	3	1	3	0	0	0	0	0	3	3	3	0	0	0
	雌蕊正常之花朵數	3	1	2	0	0	0	0	1	1	2	2	2	1	0	0	0
A11	雄蕊有花粉之花朵數	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0
	雌蕊正常之花朵數	0	3	3	3	2	1	1	1	1	0	0	3	3	0	3	3
A33	雄蕊有花粉之花朵數	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	3	3	0	0	0	0
	雌蕊正常之花朵數	3	0	1	0	1	0	0	2	0	0	1	0	0	0	3	3
B5	雄蕊有花粉之花朵數	3	3	3	3	2	0	0	0	0	0	3	3	0	0	0	0
	雌蕊正常之花朵數	3	3	3	3	0	1	0	0	1	0	3	3	3	0	3	3
B21	雄蕊有花粉之花朵數	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	雌蕊正常之花朵數	3	3	3	3	0	3	0	3	0	0	3	2	0	0	0	0
B23	雄蕊有花粉之花朵數	0	3	3	1	0	0	0	0	0	0	3	3	3	0	0	0
	雌蕊正常之花朵數	3	2	3	1	3	3	2	2	0	0	2	3	3	0	3	3
B2	雄蕊有花粉之花朵數	2	3	3	0	0	0	0	0	0	0	3	3	0	0	0	0
	雌蕊正常之花朵數	3	3	3	3	3	3	2	2	0	0	3	0	0	0	0	3
B50	雄蕊有花粉之花朵數	3	3	2	1	0	0	0	0	0	0	3	3	0	0	0	0
	雌蕊正常之花朵數	3	3	2	3	3	3	2	2	2	3	3	3	3	3	0	0
B49	雄蕊有花粉之花朵數	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	3	3	0	0	0	0
	雌蕊正常之花朵數	1	1	1	1	3	0	1	2	3	3	3	1	3	0	3	3

參考文獻

1. 王仁晃. 1997. 木瓜輪點病毒對木瓜抗感病品種(系)光合成的影響. 國立台灣大學園藝學系碩士論文.
2. 王德男、李文立、劉碧鵑. 2007. 臺灣木瓜生產之變遷. 臺灣木瓜產業發展研討會專刊-行政院農業委員會農業試驗所特刊 125: 1-20. 行政院農業委員會農業試驗所.
3. 王德男. 1980. 影響木瓜兩性株株型表現之因子研究. 中華農業研究 29: 225-237.
4. 江筱慧. 2014. 應用生理指標篩選耐熱及耐寒之熱帶果樹品種. 高雄區農業改良場年: 38-39. 行政院農業委員會高雄區農業改良場編印.
5. 吳伊婷. 2012. 氮肥施用量對鳳梨果實內部褐化及水浸狀生理障礙之影響. 臺灣大學園藝系碩士論文.
6. 李文立、王德男. 2013. 臺灣木瓜育種之過去、現在與未來. 臺灣果樹育種研討會專刊: 25-36. 國立屏東科技大學.
7. 李芸嫣、謝慶昌. 2012. 木瓜葉片高溫逆境指標之比較. 興大園藝 37(2): 13-23.
8. 洪苡萱、張龍生、王仁晃、林宗賢. 2014. 疏花對台農二號木瓜營養與生殖生長之影響. 臺灣園藝 59(3): 205-218.
9. 徐信次. 1990. 果樹育種概論. 園藝作物育種講習會專刊: 359-379. 行政院農業委員會農業試驗所.
10. 陳美齡. 2010. 鳳梨果實發育期間理化性狀、礦物元素及水浸狀生理劣變之研究. 中興大學園藝學系碩士論文.
11. 黃國林. 2000. 葉綠素螢光檢測木瓜罹患木瓜輪點病毒病後之耐受性. 國立台灣大學園藝學系碩士論文.
12. 歐錫坤、宋家瑋. 1999. 台灣梅樹需冷量評估. 中華農業氣象 6: 113-118.
13. 薛百祺、唐佳惠、官青杉、李堂察. 2009. 貯藏溫度對‘台農 17 號’鳳梨果實內部褐化之研究. 臺灣農業研究 58: 273-282.
14. Chen C.C. and R.E. Paull. 2000. Sugar metabolism and pineapple flesh translucency. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 125: 588-562.
15. Chen, L., R. VanBuren, M. Paris. 2019. The bracteatus pineapple genome and domestication of clonally propagated crops. Nature Genetics 51: 1549-1558.
16. Hess, C.O. 1975. Peaches, p. 285-335. In: J. Janick and J.N. Moore (eds.). Advances in fruit breeding. Purde Univ. Press, West Lafayette, Ind.

17. Lee, K.W., P.W. Chen, C.A. Lu, S. Chen, T.H. Ho, S.M. Yu. 2009. Coordinated responses to oxygen and sugar deficiency allow rice seedlings to tolerate flooding. Sci Signal. 2(91): 61.
18. Ming, R., R. VanBuren, C.M. Wai. 2015. The pineapple genome and the evolution of CAM photosynthesis. Nature Genetics 47: 1435-1442.
19. Morgan, P.W. and M.C. Drew. 1997. Ethylene and plant responses to stress. Physiol. Plant. 100(3): 620-630.
20. Norman F.C. 1983. Culture of Plums. p. 242-259. In: Norman, F.C, J.R. Morris, G. S. Sibbertt. (eds.) Modern Fruit Science. XV. Horticulture Publications, FL, USA.
21. Paull, R.E. and N.J. Chen 2015. Pineapple translucency and chilling injury in new low-acid hybrids. Acta Hort. 1088: 61-66.
22. Paull, R.E. and O. Duarte. 2011. Mango, p. 252-290. In: R. E. Paull and O. Duarte (eds.). Tropical fruits. 2nd ed. CABI, London, UK.
23. Perez-Gonzalez, S. 1990. Relationship between parental blossom season and speed of seed germination in peach. HortScience. 25: 958-960.
24. Sanewski, G.M., D.P. Bartholomew, and R.E. Paull. 2018. The Pineapple, 2nd Edition: Botany, Production and Uses. CABI, London, UK.
25. Scorza, R. and W.B. Sherman. 1996. Peaches. In: Janick, J. and Moore, J. N. (eds) Fruit Breeding. Vol. 1. Tree and Tropical Fruit. Wiley, New York: 325-440.
26. Sharpe, R.H. and J.S. Shoemaker. 1958. Development of temperate-climate fruits for Flordia. Proc. Fla. State Hort. Soc. 71: 294-300.
27. Sherman, W.B. 1987. Breeding of low-chill peach and nectarine for mild winters. HortScience 22(6): 1233-1236.
28. Sherman, W.B., P.M. Lyrene, F.G. Gmitter, and P.C. Andersen. 1988. Low-chill peach and nectarine cultivars for trial in Florida. Proc. Fla. State Hort. Soc. 101: 241-244.
29. Taiz, L. and E. Zeiger. 2010. Plant Physiology. 5th ed. Sinauer Associates: 782.
30. Weinberger, J.H. 1975. Plums. p. 285-335. In: J. Janick and J.N. Moore (eds.). Advances in fruit breeding. Purde Univ. Press, West Lafayette, Ind.
31. Xu, K., X. Xu,T. Fukao,P. Canlas, R. Maghirang-Rodriguez, S. Heuer, A.M. Ismail, J. Bailey-Serres, P.C. Ronald, and D. J. Mackill. 2006. Sub1A is an

ethylene-response-factor-like gene that confers submergence tolerance to rice. Nature 442(7103): 705-708.

提升輔助產業升級之耐逆境蔬菜選育

康樂[1]、林思妤[1]、林楨祐[2]、王毓華[1]

[1]行政院農業委員會農業試驗所

[2]行政院農業委員會農業試驗所鳳山熱帶園藝試驗分所

摘要

面對蔬菜產業現況及全球氣候變遷，本計畫目標整合農委會所屬試驗單位之蔬菜育種團隊，增進各育種技術之有效利用，提升整體蔬菜新品種之研發速度。本年度在番茄、甜瓜及花椰菜三項重要蔬菜作物中，建立番茄晚疫病、黃化捲葉病毒病、南方根瘤線蟲、甜瓜白粉病等跨機關接種平台，使各育種單位具優良耐候性的高級品系獲得接種評估抗性的機會，另一方面小孢子培養及雄不稔性的導入增加了十字花科品系的純合度及產業應用價值，根據目前的計畫執行結果顯示出育種團隊內已有兼具耐候及抗病蟲能力之高級品系，另外透過團隊區域試驗之評估，這些高級品系在未來有選育出優良新品系之潛力。

前言

蔬菜富含纖維素、礦物質及維生素等多種營養,是維持健康的重要飲食來源,根據 109 年農業統計結果,我國近五年的蔬菜栽培面積範圍大約在 14 至 15 萬公頃之間,每年生產將近 300 萬噸蔬菜產品,產值超過 700 億元(農業統計資料查詢, 2020),而每年的蔬菜及其製品進口量為 50 至 60 萬噸(海關進出口統計, 2020),僅占我國生產量的 20%左右,顯示我國的蔬菜生產是維持國民健康以及經濟發展的重要作物品項。

多數的蔬菜喜好較為冷涼的氣候,台灣地處亞熱帶,在夏季期間較氣候炎熱,因此許多蔬菜作物較適合在台灣秋冬涼冷期間栽培,這個限制除了造成在高溫期間蔬菜供應下降,秋冬期間則容易造成產銷失衡。

另一方面在 110 年 IPCC 氣候變遷第六次評估報告指出,無論是在哪種溫室氣體排放的情境之下,我國的夏季長度將增加,冬季則持續縮短,平均氣溫將持續上升(IPCC 氣候變遷第六次評估報告之科學重點摘錄與臺灣氣候變遷評析更新報告, 2021),這使我國蔬菜作物生產時面臨更嚴峻的熱逆境,進而造成蔬菜產量及品質下降,部分病蟲害也會因為溫度上升造成栽培時感染病蟲的風險增加。此外,除了平均氣溫的上升,極端天氣發生頻率增加也容易在短時間內造成蔬菜減產,雖然隨著設施農業的發展,溫網室等農業設施可保護作物面臨劇烈降雨侵擾,但除了生產成本大幅上升外,簡易設施內通風不良,積熱問題往往更加劇蔬菜生產時須面對的熱逆境與病蟲害壓力,因此為因應氣候變遷造成的困境,進行品種選育,提升作物本身的耐熱及抗耐病能力是相當有效的策略。

各農業研究單位的歷年努力之下,均具備基本的耐環境逆境選拔環境、以及抗耐病基因分子輔助選育的能力,因此具有不同程度耐熱及耐病蟲害的蔬菜品種已陸續選育及命名,但是隨著環境及時代的變遷,優良品種仍須不斷推陳出新,才能適應更嚴酷的逆境壓力及蔬菜產業上對於產品品質的需求。由於選育新的優良品系從分離族群建立、世代推進、重要特性評估到一般園藝特性區域試驗評估等,需要進行的育種工作繁多,各項目的技術發展快速;加上蔬菜品項多,各研究單位可投資的人力物力有限情況下,不易單獨進行所有選育技術之建立及維護,使得各項育種流程不一定能適當銜接,降低了優良品種選育成效。

為了改善這個困境,經過農委會各所屬試驗單位研究人員的討論,選定番茄、甜瓜以及花椰菜作為主要蔬菜品項,涵蓋蔬菜重要的三個主要科別,109 年的栽培面積分別為 3,999、4,039 及 3,201 公頃,產值則分別約為 35.9、16.5 及 19.2 億元,三者合計就占了蔬菜約 10%產值(農業統計資料查詢, 2020)。本計畫目標以國家隊的概念盤點各單位育種資源並加強交流與合作,使有限的研究資源可以發揮最大效益,協助各單位加速育成符合產業升級所需之優良蔬菜新品系。

跨單位重要目標特性選育評估平台及技術應用成果

在本計畫的規劃中，農業試驗所以及種苗改良繁殖場針對番茄提供晚疫病接種評估、萎凋病、黃化捲葉病毒病、青枯病、南方根瘤線蟲及番茄採種特性等病害篩選與種子量產技術平台。甜瓜已建立白粉病篩選平台，花椰菜則有小孢子培養及十字花科雄不稔等重要輔助選育技術平台，進行跨單位的病害接種、評估以及技術導入。主要執行方法是由各平台的提供單位將這些技術操作方法標準化，之後經由各試驗改良單位育種人員召開團隊會議，訂定年度的平台與技術應用規劃，將各單位選育之耐候(如耐熱、耐鹽等)高級品系(如高世代自交系、雜交品系等)進行重要目標特性的評估與技術導入，促進符合產業所需之優良耐逆境新品種選育。

截至本文撰寫時，番茄晚疫病、番茄黃化捲葉病毒病、南方根瘤線蟲、青枯病及甜瓜白粉病這五項的病害接種平台之接種條件已經大致穩定，並已開始提供農委會各試驗研究單位進行抗病性評估篩選；而花椰菜也已針對來自農業試驗所鳳山熱帶園藝試驗分所和台中區農業改良場的高級品系開始進行小孢子培養及雄不稔特性的導入。

一、番茄的研究進展方面

番茄晚疫病好發於濕涼環境，在我國如東部露天生產的秋冬番茄面臨相當大的罹病風險，接種平台已提供農業試驗所及台中區農業改良場選育的共 50 個品系進行晚疫病接種，評估結果顯示：雖然平均發病指數稍有差異，但大多仍皆為感病 (表 1)。

表 1 番茄晚疫病接種結果。

品系代號	平均發病指數*	品系代號	平均發病指數
TDAIS 1	7.3	KL301	6.3
TDAIS 2	8.0	KL302	7.3
TDAIS 3	7.5	KL303	7.5
TDAIS 4	7.5	KL304	6.3
TDAIS 5	7.5	KL305	7.0
TDAIS 6	7.5	KL306	8.0
TDAIS 7	7.5	KL401	5.8
TDAIS 8	8.0	KL402	5.3
TDAIS 9	8.0	KL403	5.0
TDAIS 10	7.8	KL404	5.8
TDAIS 11	7.5	KL405	5.3
TDAIS 12	7.5	KL406	6.8

TDAIS 13	8.0	KL407	4.3
TDAIS 14	7.8	KL408	6.5
TDAIS 15	7.5	KL409	6.8
TDAIS 16	7.8	KL501	5.8
TDAIS 17	7.5	KL502	6.8
TDAIS 18	8.0	KL503	7.0
TDAIS 19	8.0	KL504	7.3
TDAIS 20	8.0	KL505	7.0
KL201	8.0	KL506	8.0
KL202	8.0	KL507	5.5
KL203	8.0	KL508	6.3
KL204	7.0	無接菌組	0
KL205	7.0	抗病對照品系	2
KL206	7.3	感病對照品種	7.8
KL207	7.0		

*發病指數分為 0～9 共 10 級：0 級-無病斑；1 級-病斑佔葉面積 10%；3 級-病斑佔葉面積 50%；5 級-病斑佔葉面積 80%；7 級-病斑佔葉面積 100%但孢子量稀薄；9 級-病斑佔葉面積 100%而孢子量厚實且葉片圓盤褐化，未詳述之級數依病害嚴重程度斟酌訂定。以 3 級以上視為感病。

農業試驗所的番茄黃化捲葉病毒病接種平台經過一批次共五個品系的接種試驗後，確認接種條件可行(鄭等, 2021)，抗病對照品系在所有條件中皆未測到感染，對照感病品系則穩定表現病徵(表 2)，後續已協助接種台中區農業改良場的 20 個番茄品系，由該場自行帶回進行後續病癥評估。

表 2 接種不同病毒 28 日後不同品系以聚合酶連鎖反應檢測結果（感染病毒株數/受試株數）。

品系	接種單一番茄黃化捲葉泰國病毒	複合接種番茄黃化捲葉泰國病毒 2 種分離株	複合接種番茄黃化捲葉泰國病毒 2 種分離株與洋桔梗贅脈捲葉病毒
AVTO1424	0/4	0/4	0/4
台南亞蔬 6 號	4/4	3/4	4/4
花蓮亞蔬 18 號	0/4*	2/4	2/4
農友 301	3/4	4/4	4/4
新紅慧 768	4/4	4/4	4/4

*接種 42 日後再次檢測 4 株全數測到病毒感染。

已建立完成南方根瘤線蟲抗感病分級方式，共區分為 0 至 8 級，數字越大感病越嚴重，目前廣泛流通的根砧 Hawaii 7996 在不同的試驗中大致落於 5 至 7 級，表現為中感至高感；而來自台南區農業改良場、台中區農業改良場及花蓮區農業改良場的 28 個番茄和 5 個茄子的接種結果，有許多品系評估為 0 級、極抗病(表 3)，這些品系在未來可提供番茄產業做為抗南方根瘤線蟲的基礎，降低殺線蟲藥劑的使用。

表 3 南方根瘤線蟲接種結果。

品系代號	結瘤率*	品系代號	結瘤率
第一批次			
Hawaii 7996	73.8%	T14	0.0%
茄子 1	58.2%	954-4	16.8%
茄子 2	102.6%	954-43	0.0%
茄子 3	83.2%	954-25	0.8%
茄子 4	62.3%	954-54	0.0%
茄子 5	77.8%		
第二批次			
Hawaii 7996	45.0%	Tai-12	71.8%
Tai-2	45.5%	Tai-14	37.3%
Tai-3	63.0%	Tai-15	0.8%

Tai-4	0.2%	Tai-18	31.8%
Tai-5	22.3%	Tai-19	23.5%
Tai-10	0.0%	Tai-20	14.2%
第三批次			
Hawaii 7996	49.8%	Tai-9	91.8%
Tai-1	67.7%	Tai-11	0.3%
Tai-6	91.7%	Tai-13	37.0%
Tai-7	43.0%	Tai-16	0.2%
Tai-8	114.3%	Tai-17	89.2%

*依根瘤結瘤大小，將根瘤大小介於 0-1mm，視為有 1 隻二齡幼蟲感染，根瘤大小 1.1-3mm 視為有 3 隻二齡幼蟲感染、根瘤大小 3.1-5mm 視為有 5 隻二齡幼蟲感染，以及根瘤大小 5.1mm 以上，視為有 7 隻二齡幼蟲感染。全根系總結瘤數/100 (接種二齡幼蟲數)=根瘤線蟲結瘤率 (root-knot generant rate, %)。依試驗所得之根瘤線蟲結瘤率，再換算根瘤線蟲抗/感病性指數 (disease resistance and susceptibility index for nematode, 0-8)，0 級結瘤率 0%，表為極抗病品種；1 級結瘤率介於 1-12%，表為高抗病性品種；2 級結瘤率介於 13-30%，表為中抗病性品種；3 級結瘤率介於 31-35%，表為低抗病性品種；4 級結瘤率介於 36-40%，表為低感病性品種；5 級結瘤率介於 41-60%，表中感病性品種；6 級結瘤率 61-75%，表為高感病性品種；7 級結瘤率介於 76-85%，表為極感病性品種；8 級結瘤率 86%以上，表為超極感病性品種。

青枯病是目前茄科生產時必須面對相當棘手的問題，本計畫於種苗改良繁殖場的青枯病病圃中，種植來自台南區農業改良場及花蓮區農業改良場的番茄與茄子共 7 個品系，定植四個月後參試茄子品系皆未產生發病現象(圖 1)；而鳳山分所也用苗期接種的方式進行了該單位的番茄雜交品系抗青枯病評估，結果有 13 個雜交組合發病指數低於對照品系 Hawaii 7996，這些材料有可能在未來作為選育抗青枯病的根砧材料，或是育成本身抗耐青枯病的番茄品系，降低生產時的青枯病危害風險。

圖 1 參試茄子種於青枯病病圃中 4 個月後生長狀況。

至於番茄萎凋病和採種特性的部分，由於接種評估與親本材料運送方式仍持續在進行流程標準化，期待在未來可以提供各場域跨單位的應用。

二、甜瓜的研究進展方面

農業試驗所的接種平台已完成甜瓜白粉病穩定的生理小種1和生理小種5的接種評估技術，並提供高雄區農業改良場、台中區農業改良場及農業業試驗所各 2 個，總共 6 個品系的跨單位合作接種評估，所有的參試品系對於生理小種 1 都展現了良好的抗病特性，而以生理小種 5 接種後則顯示不同的發病等級(表 4)。由於白粉病的生理小種複雜且眾多，雖然目前試驗品系已展現出對主要生理小種的抗性，但尚不能確保在田間栽培完全不感白粉病，未來若能提供對不同生理小種的水平抗性，將有效減輕甜瓜白粉病的發病壓力。

表 4 甜瓜白粉病不同生理小種接種平均發病指數。

品系	白粉病生理小種 1 平均發病指數*	白粉病生理小種 5 平均發病指數
KS-1	0	2.8
KS-2	0	1.2
TC-1	0	7.6
TC-2	0	7.9
TN-1	0	0.5
TN-2	0	1.6

*發病指數：分為 0～9 共 10 級：0 級-無病斑；1 級-病斑佔葉面積 10%；2 級病斑佔葉面積 30%；3 級-病斑佔葉面積 50%；4 級-病斑佔葉面積 60%；5 級-病斑佔葉面積 70%；6 級-病斑佔葉面積 80%；7 級-病斑佔葉面積 100%但孢子量稀薄；8 級-病斑佔葉面積 100%；9 級-病斑佔葉面積 100%而孢子量厚實且葉片圓片褐化。

三、花椰菜的研究進展方面

應用小孢子培養技術可以快速生產花椰菜雙單倍體(夏等, 2017)，加速選拔流程中的世代推進以及增進優良親本的同質性，且此技術不僅適用於花椰菜，還可擴大在十字花科蔬菜作物上使用，目前來自鳳山分所的 9 個花椰菜品系以及台中區農業改良場的 7 個甘藍品系已嘗試應用此技術平台，生產的花椰菜及甘藍的雙單倍體瓶苗已經出瓶並正在進行馴化(圖 2)，應可順利在適當的生產季節提供育種單位種植評估。

圖 2 花椰菜雙單倍體植株出瓶後馴化狀況。

而在雄不稔特性的轉移上，花椰菜的雄不稔源供給親已進行春化處理，可於開花期透過雜交轉移性狀至參試品系，此外已進行供給親與輪迴親本間的多型性分子標誌分析篩選，期望透過分子輔助選種技術，加速雄不稔特性回交時的輪迴親背景回復速度。

區域試驗與推廣

要了解一個品系在不同區域的一般園藝特性表現，需要在不同地區進行具有適當試驗設計的區域試驗，以往在農委會所屬試驗單位在各轄區內可進行的試驗範圍有限，不易評估品系於各地區不同氣候差異下肢表現；若找尋農民配合試驗，除了各地農民慣行栽培方式不一之外，受限農民生產需求，不易進行適當的試驗設計及數據調查，因此新品系往往無法獲得良好的區域試驗評估。

此外新品種在推廣時，許多農民也會希望可實地觀察新品系在地表現，增進對於新品系的了解及信心，因此各試驗單位往往藉由舉辦新品種觀摩會進行新品種的推廣，舉辦觀摩會需要耗費不少研究資源，且跨區域的農民也不一定能實地觀摩新品種，或是取得適當的資訊。

為了克服現有的困境，參與此計畫的各試驗場所彼此合作，成為彼此的區域試驗場域，經由團隊召開會議後，訂定了符合試驗設計原則，以及共通的科學調查方式，使各新品種或高級試驗品系可快速取得完整的區域試驗評估結果，增進對於各區域環境適應性的認知。由於參與本計畫的試驗研究單位眾多，8 個試驗研究單位分別地處北部地區(桃園場)、中部地區(台中場、農試所)、蔬菜主要產區(台南場)、熱帶地區(鳳山分所、台東場)、宜花地區(花蓮場)及島嶼地區(高雄場澎湖分場)，除了可在各地進行區域試驗外，進行區域試驗時，各場域也可提供轄區內對新品系有興趣的農民、或主動邀請潛在授權對象進行現地觀摩推廣，如此可使各試驗場域資源更有效的利用，促進推廣我國公部門育成的新品種。

本計畫中大多蔬菜品項適合秋作栽培，而各地的栽培日期略有不同，因此本計畫的執行截至目前，各跨單位區域試驗材料正陸續育苗與定植，根據規畫，本年度約有 30 個品系在不同場域透過此計畫進行跨單位的區域試驗。

致謝

本計畫的執行成果，是由農委會各試驗改良單位的相關研究人員所提供，感謝各研究人員的合作，本文謹就計畫彙整的角度進行成果撰寫，各細部成果仍屬於各執行研究人員。

參考文獻

1. 行政院農委會. 2020. 農業統計資料查詢. https://agrstat.coa.gov.tw/sdweb/public/inquiry/InquireAdvance.aspx
2. 財政部關務署. 2020. 海關進出口統計. https://portal.sw.nat.gov.tw/APGA/GA30
3. 科技部、中央研究院環境變遷研究中心、交通部中央氣象局、臺灣師範大學地球科學系、國家災害防救科技中心. 2021. IPCC 氣候變遷第六次評估報告之科學重點摘錄與臺灣氣候變遷評析更新報告.
4. 夏奇鈮、陳威臣、曹進義、周宜玫、林子凱. 2017. 花椰菜小孢子培養技術之研究. 台灣農業研究 66: 94-104.
5. 鄭櫻慧、林鳳琪、康樂、江主惠. 2021. 農桿菌媒介接種番茄黃化捲葉泰國病毒及其應用. 農業試驗所技術服務季刊 126:19-23.

建構重點花卉育種平台與加速新品種推廣模式

莊耿彰[1]、戴廷恩[1]、吳容儀[1]、蔡娟婷[1]、蔡東明[1]、邱亭瑋[1]、曹進義[2]
李淑真[3]、詹庭筑[4]、胡唯昭[5]、黃雅玲[6]、葉育哲[7]

[1] 農業試驗所花卉研究中心
[2] 農業試驗所生技組
[3] 桃園區農業改良場
[4] 台中區農業改良場
[5] 台南區農業改良場
[6] 高雄區農業改良場
[7] 花蓮區農業改良場

摘要

蝴蝶蘭、文心蘭、火鶴花為台灣重要的主要外銷花卉，除了深藏於民間的蝴蝶蘭育種能力，其他重要花卉的育種也在政府相關單位之努力下積極進行中，這同時也帶動了民間參與育種的意願，然而近20年來，蝴蝶蘭面對荷蘭的競爭與國內產業的世代交替，育種經驗的傳承破口也逐漸浮現，對未來的競爭必將造成重大影響。盤點蝴蝶蘭、文心蘭、火鶴花等重要外銷花卉之育種現況，可以發現大部分的育種計劃都缺乏遺傳特性紀錄與分析及耐逆境等研究與紀錄，導致育種經驗無法傳承。且除蝴蝶蘭外，其他花卉若不是品種過於單一、就是缺乏自有品種以致於與周邊新興國家競爭市場時產業基礎不穩固。本計畫以蝴蝶蘭、文心蘭與火鶴花為標的，建立育種資料庫以提供育種資訊並加速新品種育成。另外，為強化公部門育種成果之商業化，擬以參與式育種之模式，透過產業共同選種及強化試種制度，提升公部門育成品種之行銷與推廣。

前言

蝴蝶蘭、文心蘭、火鶴花為台灣重要的主要外銷花卉，除了深藏於民間的蝴蝶蘭育種能力，其他重要花卉的育種也在政府相關單位之努力下積極進行中，這同時也帶動了民間參與育種的意願，然而近20年來，蝴蝶蘭面對荷蘭的競爭與國內產業的世代交替，育種經驗的傳承破口也逐漸浮現，對未來的競爭必將造成重大影響。盤點蝴蝶蘭等主要外銷花卉的育種現況發現，種原多樣性雖為台灣蝴蝶蘭產業之最大利基，但是原生種原之栽培或開花特性紀錄資料闕如或僅掌握於民間育種者，因此後續之育種者常因無法獲得完整育種資訊，而需耗費許多時間與人力以重新取得育種經驗，不僅浪費資源亦限制了育種進度。

保存核心種原並提供育種應用平台與技術為公部門之責任及義務。民間育種家受制於資金與場地，且種原保存成本高資源有限，導致從事種原保存的育種業者也日趨減少。許多具優良遺傳特性之原種或商業品種因喪失市場而逐漸被淘汰，若不及早收集保存，這些品種將永遠流失，並喪失種原多樣性及育種優勢。

民間花卉產業育種盛行，但多針對開花性狀進行選拔。對於優良親本遺傳特性分析、與解決產業缺口之抗病、耐熱性或貯運性之耐逆境育種等，及需科學驗證的育種資訊付之闕如，且國內育種者日漸凋零，許多企業之第二代多從事栽培或行銷，育種經驗無法傳承，也導致許多寶貴種原流失。在公部門的育種歷程中發現，育成品種命名前缺乏有效之試種及具市場操作性之技轉模式，導致育成品種在產業化的過程中腳步蹣跚。在面對國外多年來收集台灣種原後積極投入育種的現象，台灣若無針對問題提出對應策略，未來恐失去蝴蝶蘭品種多樣性的競爭力與文心蘭及火鶴花未來在國際市場上的品種競爭能力。

擬解決問題

盤點蝴蝶蘭、文心蘭、火鶴花等重要外銷花卉之育種現況，可以發現大部分的育種計畫都缺乏遺傳特性紀錄與分析及耐逆境等研究與紀錄，導致育種經驗無法傳承。且除蝴蝶蘭外，其他花卉若不是品種過於單一、就是缺乏自有品種及與周邊新興國家競爭市場時產業基礎不穩固。在民間育種上，過於強調開花特性，對於品種生理及開花習性等生理性狀，以及適合外銷貯運品種之篩選上尚待補強。而公部門育種的效率、推廣成效及商業趨勢掌握度不足，這些都是亟待改善的迫切問題。

因此本研究以蝴蝶蘭、文心蘭與火鶴花為標的，建立育種資料庫以提供育種資訊並加速新品種育成。另外，為強化公部門育種成果之商業化，擬以參與式育種之模式，透過產業共同選種及強化試種制度，提升公部門育成品種之行銷與推廣。

在本計畫中擬:

1. 重整蝴蝶蘭核心種原共同保存及分享平台，並將相關經驗傳承到新建立的遺傳資訊庫，承接資源與經驗。
2. 建置蝴蝶蘭、文心蘭、火鶴花育種選拔資訊系統，保存相關育種及選拔紀錄。
3. 開發作物相關生理、耐病、耐逆境及耐貯運等育種檢定模式與性狀資料庫，提供後續科學育種之參考。
4. 擴大品種多樣及國外市場趨勢測試模式引導育種，並導入民間栽培業者之需求與經驗，建構客製化育種能力。
5. 建立符合外銷標準之品種檢測及測試服務平台，提供產業服務參考。
6. 建立參與式育種小組，研擬育種方向。

結果與討論

一、育種選拔資訊系統之建置與資料蒐集

本計畫標的花卉作物都是異交作物，其傳統育種模式都是經由親本評估後，透過後裔選拔篩選符合育種目標之單株，並經由組培過程量化植株，以進一步評估其園藝性狀。目前已完成蝴蝶蘭、文心蘭、火鶴花育種資料庫架構，以親本調查、雜交計畫、後裔篩選、組培繁殖、品系試種與品種命名為對象，建置相對應之調查表單，保存育種過程中之相關資訊供後續之資料分析。親本資料庫資訊也能發揮協助對應育種目標之品種或品種命名時對照品種之諮詢。系統完成後，本年度將陸續完成 40 筆以上之親本資料輸入。

二、開發作物相關生理、耐病等育種與檢定模式:

1. 針對優良選系之遺傳特性分析，建立重要蝴蝶蘭優選株系之開花特性與耐病性、耐逆境能力資料。本年度分離 15 種不同黃葉病菌株，接種於蝴蝶蘭傷口以進行耐病性評估。經由罹病趨勢、罹病等級與罹病度表現，顯示花蓮場育成 *Phal.* Hualien Pink Apple 品種顯著較原生種 *Phal. equestris* 及市場主力品種 *Phal.* Sogo Yukidian ‘V3’ 耐病。利用農試所提供黃葉病菌株 F2178-10 協助育種團隊桃園場、台南場及高雄場測試該場蝴蝶蘭新品種黃葉病耐抗性。
2. 收集花徑較大之藍紫色蝴蝶蘭原生種 *Phal. equestris fma. coerulea* 組培分生苗 1 株，經流式細胞儀檢測為 4 倍體植株。
3. 利用藍紫色蝴蝶蘭原生種 *Phal. tetraspis fma. coerulea* 誘導多倍體，獲得 49 株多倍體，4 倍體誘導率約為 30%。

4. 建立篩選藍紫色蝴蝶蘭育種之雜交親本方法及藍紫色蝴蝶蘭多倍體誘導與培養方式，可提高雜交後裔藍紫花色比例，提升育種效率，並可擴大藍紫色蝴蝶蘭種原在育種上之應用。

三、建立參與式育種模式，強化試種合作，並評估篩檢育成品系之商業潛力:

1. 完成數個蝴蝶蘭屬間與屬內雜交之新品系量化，其中新品系 A9 已經量化，並建立兩處試種區評估中。已送出品種權申請案，將進一步進行性狀檢定。
2. 文心蘭新品系 102120x(98107x75)-2303105 於新社進行試種，G27 品系於后里進行試種，以及其他 4 個品系 3 個場域之試種簽約與材料放置。
3. 火鶴花優選單株組培取樣 TARI-1188 等 14 個株系，前期累計完成 12 個株系的組培馴化苗培育，並就其中 6 個株系於台南六甲等地進行試種。TARI-1096 盆花選系辦理試種合約中。
4. 火鶴花篩選 KA098(紅花綠心)、KA109(古典色雙色系)及 KA112 (粉花紅心)株系於屏東鹽埔地區進行試種，已簽訂場外品種試種契約書。篩選 KA100(紅花)及 KA105(紅花)株系於高雄美濃地區進行試種，已簽訂場外品種試種契約書，試種期間為 110 年 1 月 1 日至 110 年 12 月 31 日。目前已完成 1 至 9 月份植株園藝性狀調查及試驗資料分析。

四、育成品系之命名、品種授權與單株讓與:

1. 進行蝴蝶蘭’桃園 2 號’及根節蘭’桃園 1 號’命名資料撰寫。
2. 完成今年度新開花 *Phal*. Hualien Sunkist (OX Sunkist 'OX1637' X Ben Yu Orange '香橙美人')等 6 組合，已於英國皇家園藝協會(RHS) 完成新雜交組合學名之登錄。
3. 文心蘭台農 8 號-花木蘭取得品種權 (農)。
4. 蝴蝶蘭‘花蓮 1 號-粉蘋果’於 2018 年度取得歐盟的植物品種權，今年完成歐盟非專屬境外授權，有助提升台灣蘭花產業的國際競爭力。
5. 蝴蝶蘭’桃園 1 號’品種授權公告中。
6. 火鶴花’台農 5 號琥珀’申請非專屬授權中。
7. 選拔之 7 株藍紫色蝴蝶蘭原種及優良單株 (A)Bellina‘4N’、(B) CYT69-1、(C) CYT69-2、(D) CYT191、(E) CYT177-5、(F) CYT213、(G) CYT142-6。其中 Bellina‘4N’、CYT191、CYT177-5 及 CYT142-64 單株已完成有償讓與簽約；CYT69-1、CYT69-2 及 CYT213 有償讓與辦理契約簽訂中。有償讓與總金額為新台幣 35 萬元。

8. 完成火鶴花'台農 9 號小仙子'非專屬授權，授權金十萬元整。

五、其他學術及非學術成果

1. 選育屬內及異屬雜交優良品系參加第 23 屆世界蘭花會議 WOC，獲得獎牌數面。
2. 配合各地舉辦之蘭花展示與競賽,篩選優良單株參加國內蘭花大展獲獎數面。
3. 參加第 23 屆世界蘭花會議「Breeding of fragrant *Phalaenopsis*」專題演講，及多篇參展海報。
4. 彙整「Breeding of Fragrant *Phalaenopsis*」章節，出版於 World Scientific Publishing Co Pte Ltd.公司印刊之 Orchid Biotechnology IV 英文科技專書。
5. 110 年 7 月 7 日及 7 月 14 日協助臺灣火鶴花產業發展協會於台南火車站及關廟休息站辦理交通節點花卉布置。提供火鶴花'高雄 3 號紅鈴'與'台農 7 號新貴粉'切花共同參與佈展，推廣新品種居家擺置利用。
6. 育成國產火鶴花新品種花卉拍賣市場代號申請：火鶴花'高雄 3 號紅鈴'已於 110 年 4 月 1 日取得全台花卉市場交易代號，未來可以掌握該品種價格及產量，做為新品種推廣參考依據。目前市占率達 9%，產值占 10%。

參考文獻

1. 王瑞章、孫文章、胡文若、陳俊仁. 2004. 文心蘭盆花品種介紹. 台南區農業專訊 48：1-8.王裕權、林棟樑、王仕賢、張元聰、張錦興. 2005. 火鶴花海運外銷處理技術之應用.園產品採後處理技術之研究與應用研討會專刊. p.184-190
2. 王裕權、張元聰、陳耀煌、韓錦思、林棟樑. 2009. 火鶴花滴灌栽培可行性評估.台南區農業專訊 62 期. p.18-21.
3. 朱玉瓊. 1998. 光線與溫度對火鶴花生長與光合作用之影響. 國立台灣大學園藝學研究所碩士論文. 93 頁.
4. 李仍亮. 2002.台灣文心蘭之外銷現況愈展望. 文心蘭專刊 ：2-9. 出版者：財團法人台灣區花卉發展學會.
5. 李哖等著. 2002. 蝴蝶蘭：繁殖、生育特性、產期調節及產後品質. 李哖教授著作論叢 1. 財團法人台灣區花卉發展協會. 台北. 台灣.
6. 林佑展. 2010. 利用木黴菌防治蝴蝶蘭黃葉病之研究. 國立嘉義大學農學研究所碩士論文. 嘉義.
7. 林倫葳、葉德銘. 2009. 溫度與除葉對火鶴花生長、光合作用及開花之影響. 台灣大學碩士論文.

8. 林瑞松、凌千里. 1990. 火鶴花生長習性及栽培管理. 農藥世界 85：75—81
9. 林瑞松. 2002. 文心蘭栽培技術. 文心蘭專刊：54-64. 出版者：財團法人台
10. 林瑞松. 2003. 火鶴花栽培與管理. 61-70 頁. In：方尚仁等. 火鶴花專刊.台灣區花卉發展協會. 臺北.
11. 邱金春. 2002. 常見的文心蘭盆花品種. 文心蘭專刊：134- 140. 出版者：財團法人台灣區花卉發展學會.
12. 侯鳳舞、吳容儀、蔡東明、戴廷恩. 2004. 其他蘭花類盆花之現代化生產系統與技術 .盆花產業技術發展研討會專刊. 桃園區農業改良場編印. 59-71.
13. 胡發韜. 1995. 火鶴花光合作用與消蕾之研究. 國立台灣大學園藝學研究所碩士論文. 138 頁.
14. 曹進義. 2013. 蝴蝶蘭藍色花之育種. p.78－85. in:台灣蘭花育種者協會專刊-台灣蘭花之育種. 台灣育種者協會. 彰化.
15. 梁哲語. 2017. 評估藍紫色蝴蝶蘭顏色生成之原因. 國立成功大學碩士論文.
16. 莊耿彰、陳福旗、王昭月、謝廷芳. 2009. 生物技術於火鶴花品種開發與種苗繁殖之應用. 植物種苗科技. 17:43-50
17. 莊耿彰、陳福旗. 2005. 火鶴花. 台灣農家要覽 pp. 675-684. 財團法人豐年社.
18. 莊錦華. 1995. 火鶴花產業概況及夏威夷火鶴花栽培現況簡介. 臺灣花卉園藝.98:22-28
19. 許玉妹. 2002. 文心蘭「黃金二號」周年花梗與新芽之生長與發育. 文心蘭專刊：65-75. 出版者：財團法人台灣區花卉發展學會.
20. 陳文輝、謝瑞旻、蔡媚婷、吳俊謙、邱明森、傅仰明. 1993. 台糖蝴蝶蘭之品種改良．In:作物之遺傳育種及生理栽培研討會專集 (I) (林信山主編)。台灣省台中區農業改良場編印. p75-95.
21. 陳文輝. 2002. 蝴蝶蘭品種改良. 科學發展 351: 32-39.
22. 黃怡嘉、張育淼 2008. 溫度、光強度及水楊酸對火鶴花光合作用與生育品質之影響. 台灣大學碩士論文.
23. 黃雅玲、莊耿彰. 2011. 火鶴花新品種與設施栽培技術. 花卉研究團隊研發成果研討會. P. 107-116.
24. 黃雅玲. 2009. 切花火鶴溫室栽培可行性之探討. 高雄區農業專訊. 68：8-9.
25. 黃雅玲. 2009. 國際火鶴切花生產及市場介紹. 高雄區農情月刊第 143 期.
26. 黃肇家、黃慧穗、蔡金玉、鍾淨惠. 2018. 蝴蝶蘭海運外銷降低貯運損耗與改善品質 p.77-85. 蔡東明、莊耿彰、謝廷芳主編，強化台灣花卉產業競爭力之科研技術研討會專刊. 農業試驗所編印.

27. 黃肇家、黃錦杰. 2007. 蝴蝶蘭海運外銷. 蝴蝶蘭栽培 p.109-120. 沈再木、徐善德主編，國立嘉義大學編印.
28. 黃肇家. 2005. 火鶴花低溫貯運之研究. 行政院農業委員會農業試驗所年報.p.49-50.
29. 葉育哲、王進學、羅妙禎、張芝蓉、蔡月夏. 2016. 香氣蝴蝶蘭新品種‘花蓮 1 號-粉蘋果’及其特性. 花蓮區農業改良場研究彙報. 34:1-7.
30. 廖國鈞、謝廷芳、陳宏榮. 2012. 蝴蝶蘭貯運前藥劑處理對黃葉病發生之影響. 台灣農業研究 61：124-131 蘭花病害的介紹及防治農委會農業試驗所.
31. 蔡東明、莊耿彰、謝廷芳. 2015. 文心蘭「台農 1 號-紅寶石」及「台農 5 號-喜洋洋」新品種育成與授權. 104 年花卉推動小組成果展示會專刊 p. 23-29.
32. 蔡東明、莊耿彰、謝廷芳. 2007. 溫度對東亞蘭開花之影響. 技術服務.No.69
33. 蔡東明、莊耿彰、謝廷芳. 2009a. 邁向世界級花卉島-文心蘭品種選育. 技術服務季刊 77：13-17.
34. 蔡東明、莊耿彰、謝廷芳. 2009b. 文心蘭產銷結構分析與展望. 興大農業 70:16-21.
35. 蔡東明、莊耿彰、謝廷芳. 2012. 文心蘭新品種之選育. 2011 年花卉研究團隊成果發表會刊. 行政院農業委員會農業試驗所編印. p.51-60.
36. 蔡東明、莊耿彰、謝廷芳. 2014. 文心蘭育種. 提升台灣花卉育種實力研討會專刊. 台灣園藝學會、國立中興大學園藝學系編印. P 23-30.
37. 蔡東明、黃文串、黃仲彥、莊耿彰. 2014. 葉芽去除對后里地區文心蘭花期調節之影響. 植物種苗 16(3):19-28.
38. 蔡淳瑩、劉啟祥. 1999. 盆栽火鶴花品種介紹及栽培管理技術. 花蓮區農業專訊 29: 14-18.
39. 賴本智. 2002. 文心蘭、蜘蛛蘭、堇花蘭、齒舌蘭及其近緣屬的種源介紹. 文心蘭專刊 ：86-133. 出版者：財團法人台灣區花卉發展學會.
40. 謝廷芳、安寶貞、黃晉興、黃德昌. 2007. 蝴蝶蘭病蟲害管理. 蝴蝶蘭栽培 p.41–66. 沈再木、徐善德主編，國立嘉義大學編印.
41. 謝廷芳、蘇俊峯、李怡靜、陳純葳、黃晉興、謝廷芳. 2012. 蝴蝶蘭鐮胞菌病害調查. 植物病理學會會刊 21(2): 115-130.
42. 謝廷芳. 2003. 蘭花真菌性病害的介紹及防治. 第 13-20 頁. 蘭花種苗驗證制度及病蟲害防治講習會. 中華盆花發展協會編印. 台北. 2003 年 9 月 16-17 日.農試所花卉研究中心.
43. 謝廷芳. 2005. 蘭花病害介紹及防治方法. 蘭花病蟲害防治暨植物品種及種苗法講習會. 行政院農委會動植物防疫檢疫局主辦. 中華盆花協會及台灣蘭

花生物科技園區協辦. 2005 年 10 月 12-13 日. 台灣蘭花生物科技園區國際會議廳.台南烏樹林.

44. 謝奉家. 2012. 澱粉芽孢桿菌防治外銷蝴蝶蘭黃葉病之研發. 農政與農情第 237 期. 農業藥物毒物試驗所編製.
45. 蘇俊峯、李怡靜、陳純葳、黃晉興、謝廷芳. 2012. 蝴蝶蘭鐮胞菌病害調查.
46. 蘇稚仁. 2003. 蝴蝶蘭花色相關基因與光合作用活性之研究. 清華大學生生命科學研究所博士論文.
47. 灣區 花卉發展學會.
48. Amemoto, H. and A.R. Kuehnle. 1997. Breeding Anthuriums in Hawaii.Univ. Hawaii Press,
49. Anthura, B.V. 2002. Cultivation Guide Anthurium Pot Plant Culture.pp.17-24. The Netherlands.
50. Bejoy, M., V.R. Sumitha, and N.P. Anish. 2008. Foliar regeneration in Anthurium andraeanum Hort. cv. Agnihothri. Biotechnology. 7: 134-138.
51. Benyon, F., B.A. Summerell, and L.W. Burgess. 1996. Association of Fusarium species with root rot of Cymbidium orchids. Australas. PlantPathol. 25:226-228.
52. Chen W.H., W.T. Tsai, M.S. Chyou, and Y.M. Fu. 2000.The breeding behavior of Phalaenopsis equestris (Schauer) Rchb. f. Taiwan Sugar47:11-14.
53. Chen W.H., Y.M. Fu, R.M. Hsieh, C.C. Wu, M.S. Chyou, W.T. Chen, C.W. and J.H. Huang. 2008. The disease of phalaenopsis caused by Fusarium spp. Plant Pathology Bulletin 17:78. (abstract)
54. Chen, J., Q. Wang, R.J. Henny, D.B. McConnell. 2005. Response of tropical foliage plants to interior low light conditions. Acta Hort. 669:51-56.
55. Chen, W.H., R.M. Hsieh, W.T. Tsai, Y.M. Fu, M.S. Chyou, C.C. Wu, and Y.S. Lin. 1995. Phalaenopsis at the TSC : report on advance research in breeding at the Taiwan Sugar Corporation. American Orchid SocietyBulletin. 1995. May pp.492-495.
56. Christenson, E.A. 2001. Phalaenopsis A Monograph. Timber Press,Portland, Oregon.
57. Chung, W.C., L.W. Chen, J.H. Huang, H.C. Huang, and W.H. Chung. 2011. A new ‘forma specialis’ of Fusarium solani causing leaf yellowing of Phalaenopsis. Plant Pathol. 60:244-252.
58. Criley, R.A. 1989. Culture and cultivars selection for anthurium in Hawaii. Acta Hort. 246:227-236.

59. Griesbach, R.J. 2005. A scientific approach to breeding blue orchid exploring new frontiers in search of elusive flower colors. Orchids 74:376-379.
60. Henny, R.J. 1995. Stimulating flowering of ornamental aroid genera with gibberellic acid: A review. Proc. Fla. State Hort. Soc. 108:23-24
61. Higaki, T.,J.S. Lichty, and D. Moniz. 1994. Anthurium culture in Hawaii. University of Hawaii · Honolulu, Hawaii.
62. Hsieh, T.F., T.C. Huang, and Chang, C.A. 2005. Phalaenopsis diseases. Pages 241-252 in: Taiwan Agriculture Encyclopedia: Crop edition-3. Council of Agriculture, Executive Yuan, Taipei. (in Chinese)
63. Ichikawa, K. and S. Hideki. 1998. Occurrence of dry rot on Cymbidium caused by Fusarium solani. Proceedings of the Kanto-Tosan Plant Protection Society, No 45.
64. Karasawa, K. 1989. Oncidium and Odontoglossums Orchid atlas Vol. 7 Orchid Atlas Publishing Society, Tokyo.
65. Kuehnle, A.R., H. Kamemoto, F. Rauch, J. Lichty, T.D. Amore, and N.C. Sugii. 1996. Anthurium cultivars for container production. Hort.Digest 108
66. Latiffah, Z., M.Z.N. Hayati, S. Baharuddin, and Z. Maziah. 2009. Identification and pathogenicity of Fusarium species associated with root rot and stem rot of Dendrobium. Asian J. Plant Pathol. 3:14-21.
67. Paull and Chantrachit. 2001. Benzyladenine and the vase life of tropical ornamentals. Postharvest Biology and Technolgy 21:303-310.
68. Srivastava, S. 2014. Characterization and management of different Fusarium species associated with orchids cultivated in Hawaii Dissertation (Ph.D.). University of Hawaii at Manoa, Honolulu, HI.
69. Su, J.F., Y.C. Lee, C.W. Chen, T.F. Hsieh, and J.H. Huang. 2010. Sheath and root rot of Phalaenopsis caused by Fusarium solani. Acta Hort. 878:389-394.
70. Tsai, W.T. and C.Y. Chu. 2001. The industry of Phalaenopsis In Taiwan. Horticulture NCHU 26: 27-41.
71. Tsai. 1995. Modern Breeding in Phalaenopsis Orchid. Taiwan Sugar.May-Jun.:17-22.
72. Wang, Y.T. 2015. Orchid production and market in the United States. p. 17–20. In: Bloom–Taiwan Orchid Talks. (Lee, N., G. Sung, E. Chou, C. C. Tu, L. Huang, C. Tu, H. Huang, T. Liao, and J. Haskell, eds.) Taiwan Orchid Growers Assoc. Pub. Tainan, Taiwan. 68pp.

海 報 展 示

農園作物育種研究成果研討會

增進環境調適能力與友善環境生產之水稻品種培育研究-高溫逆境適應性水稻參與式育種

李長沛[1]、胡智傑[2]、楊智哲[3]
[1]行政院農業委員會農業試驗所、[2]高雄區農業改良場、[3]臺南區農業改良場

摘要

為克服高溫逆境對水稻產量及品質之影響，選育應對氣候變遷下仍具有穩定產量及高品質之水稻品種，引進IRRI的Heat-MAGIC族群，並建立國內稉型多交族族群(T-MAGIC)，藉由參與式選種，篩選出優良品系於不同區域進行高溫逆境篩選，也透過分子標誌輔助篩選技術導入N22、Giza178之耐熱性基因*qHTSF4.1*及野生稻之早開花基因*EMF2*至國內推廣品種。同時探討水稻台南16號近同源系高溫下粒型與白堊質發生率之相關性。各式材料於水稻抽穗至成熟期時透過高溫篩選圃進行耐受性篩選，已篩選出包含多交族群及分子標誌輔助篩選至少10個具米質優良之潛力新品系，將進行更多重複及高溫下之米質評估。

前言

水稻的稻穀產量在生育期間的最低溫度每增加1℃，產量減少約10%。高溫除影響稻穀產量之外，穀粒充實期的高溫逆境導致米粒的白堊質率增加，而千粒重也有減輕的趨勢，影響市售稻米的品質。為克服高溫逆境所帶來的稻米產量和品質損失，品種改良為有效且稻作永續的重要手段。

材料方法

- 多親多世代互交族群: IRRI引進之Heat-MAGIC族群；由國內8個稉稻品種，建立之T-MAGIC族群。
- 耐熱性基因導入系: 來自N22及Giza 178之*qHTSF4.1*、野生稻之*EMF2*導入系。
- 台南16號導入粒數及粒型基因*Gn1*、*Gs3*之近同源系。
- 參試材料於耐熱篩選圃進行稔實率、米質評估。

耐熱篩選圃

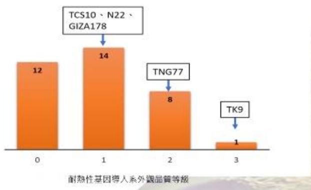
耐熱篩選圃溫度設定可達39℃

結果與討論

No.	108-2	106-1	稔實率(%) 2020	稔實率(%) 2021	糙米外觀等級 2020	糙米外觀等級 2021
1	17	TMG 261	20	90	5	5
2	20	TMG 403	25	80	5	5
3	23	TMG 532	60	80	5	1.75
4	27	TMG 1128	60	85	5	4
5	30	TMG 1217	50	90	5	4
6	56	TMG 1529	85	90	5	5
7	76	TMG 1713	35	85	5	4.5
8	78	TMG 1713	45	80	5	4.5
9	85	TMG 1821	40	85	5	5
10	127	TMG 2153	60	85	5	5
11	161	TMG 2375	80	90	5	4
12	163	TMG 2380	60	-	5	3.5

台灣稉稻多交族群 (T-MAGIC) 於耐熱篩選設施內表現情形

台灣稉稻多交族群 (T-MAGIC) 中 TMG 532 糙米外觀顯著優於高雄 145 號，為後續優良品系選拔之重點篩選目標。



耐熱性基因導入系米質評估結果

從台農77號、台稉9號、台中秈10號之耐熱性基因*qHTSF4.1*導入系篩選出12個米質外觀優良 (0級) 之耐熱基因導入系。

處理		品系	白堊質	長度	寬度	厚度
高溫	1	-	46.8	5.06	2.67	1.91
	2	-	56.5	4.85	2.74	1.93
	3	-	65.4	5.1	2.78	1.96
	4	Gn1a	69.5	5.01	2.84	1.83
	5	GS3	37.8	5.57	2.63	1.86
	6	Gn1a/GS3	73.1	5.45	2.76	1.84
	7	Gn1a/GS3	72	5.42	2.76	1.82
	8	TN16	39.2	4.9	2.69	1.92

台南 16 號高溫耐性基因導入系稻穀粒型與白堊質發生率評估

高溫環境下， *GS3* 導入品系之白堊質率 (37.8%)略低於 TN16 (39.2%)，可做為後續耐高溫品系選拔之應用。

農園作物育種 研究成果研討會

運用早期篩選指標選育 高耐候性果樹品種

番木瓜台農11號-小寶

徐智政、李文立、邱國棟
農業試驗所鳳山熱帶園藝試驗分所

番木瓜台農11號-小寶係台農2號經自交分離之品系為母本，以菲律賓carabao solo自交後代選優品系為父本之雜交選育後代。本品種兼具台農2號之良好生長習性，在栽培管理方面較易掌握，平均果重約800-900公克，果型長橢圓形，果肉呈橙黃色，平均果實重量較台農2號小。適合小家庭食用。

與台農2號的紅色果肉易區分，本品種具有市場區隔性及打破市場單一品種的潛力，且單節著果數高、結果整齊、畸形果少，儲運性佳，深具未來推廣潛力。

圖一、番木瓜'台農11號-小寶'果實橙黃色、口感佳。圖二、番木瓜'台農11號-小寶'植株結果情形。

附錄

研討會出席人員名單

單位	出席人員
行政院農業委員會農糧署	戴　耕　黃逸湘
行政院農業委員會農業試驗所	林學詩　賴明信　林大鈞　康　樂 王毓華　王怡雯　吳東鴻　陸明德 林詠洲　王維晨
行政院農業委員會農業試驗所 花卉研究中心	莊耿彰　邱亭瑋　吳容儀
行政院農業委員會農業試驗所 嘉義農業試驗分所	賴永昌　陸柏憲　李柔誼
行政院農業委員會農業試驗所 鳳山熱帶園藝試驗分所	李文立　邱國棟　黃基倬　劉碧鵑 陳薪喨　高碧霜　郭展宏　麥圭如 徐智政
行政院農業委員會桃園區農業改良場	林禎祥　施伯明
行政院農業委員會苗栗區農業改良場	吳姿嫺　張雅玲
行政院農業委員會臺中區農業改良場	吳庭嘉　林延諭　施愈安
行政院農業委員會臺南區農業改良場	黃圓滿　黃士晃
行政院農業委員會高雄區農業改良場	陳思如　劉敏莉　王仁晃　李雪如 朱堉君　李文豪　朱雅玲　楊舒涵 陳富永　洪千惠　潘志偉　賴榮茂
行政院農業委員會花蓮區農業改良場	楊素絲　徐子芳　張芝蓉
行政院農業委員會臺東區農業改良場	薛銘童　廖勁穎　李誠紘
行政院農業委員會茶業改良場	邱垂豐　李國華　邱俊翔
行政院農業委員會種苗改良繁殖場	劉明宗　郭宏遠　張倚瓏　劉名旂 陳學文　張勝智　龔美玲　洪瑛穗 蔡雅琴　林如玲　邱展臺
國立臺灣大學	劉力瑜　吳明哲
國立中興大學	温佩容　王語寬　陳政宏　李騏宏
國立嘉義大學	曾信嘉　蔡元卿　陳易新　吳瑜凌 蘇孜函　黃瑞憲
國立中山大學	張清斌

單位	出席人員
國立屏東科技大學	戴昌賢　賴宏亮　江主惠　黃倉海 陳幼光　林素汝　梁佑慎　蔡尚翰 張嘉熒　柯瑞慶　李佩璇　楊淑美 林　殷　林酉燕　陳南潔　陳淑女 尤淑芬　邱茹苗　姜智豪　盧依秀 李盈慧　孔美麗　潘志傑　張育慈 張軒綸　林家芳　李威廷　吳相品 余浩瑋　蔡文軫　方皓宇　巫金松 張秉群　陳澔文　劉峻至　盤境期 鍾泳漢　蘇彥火隆
文化大學	江明豪
中原大學	蕭崇德
東海大學	陳立賢
輔英科技大學	吳惠敏
慈濟科技大學	李家琦
屏東縣內埔地區農會	魏希屏
高雄市龍岡親義會	楊秀蘋
四維長青學苑	許仁宏

農園作物育種研究成果研討會

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

農園作物育種研究成果研討會專刊
/徐智政, 邱國棟, 蔡尚翰, 李文立編輯. -- 初版. --
臺中市 : 行政院農業委員會農業試驗所, 民 111.12
面 ; 29.7*21 公分—(農業試驗所特刊; 第 237 號)

ISBN 978-626-7110-46-1(平裝)

1.農作物 2.植物育種 3.植物繁殖

434.28 111020362

農 園 作 物 育 種 研 究 成 果 研 討 會 專 刊

編　號：農業試驗所 2022 年 002 號
發行人：林學詩、戴昌賢
編　輯：徐智政、邱國棟、蔡尚翰、李文立
排　版：蔡尚翰、林家芳、李威廷、余浩瑋、張秉群、蘇彥火隆
出版者：行政院農業委員會農業試驗所
地　址：台中市霧峰區萬豐里中正路 189 號
電　話：（04）23317035
印　刷：急印夢工廠
出版年月: 中華民國 111 年 12 月出版
版次: 初版
展售門市: 1.國家書店/ 104 臺北市松江路 209 號 1 樓 (02)25180207
國家網路書店 http://www.govbooks.com.tw
2.五南文化廣場/ 400 臺中市中山路 6 號 (04) 22260330
定價: 新台幣 550 元(平裝)
ISBN：978-626-7110-46-1
GPN：1011102149

農園作物育種研究成果研討會 專刊

ISBN:978-626-7110-46-1
GPN:1011102149

行政院農業委員會農業試驗所 編印